

# Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Zdeněk Kuntoš



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení : **Zdeněk Kuntoš**  
Studijní program : B2301 Strojní inženýrství  
Obor : 2301R030 Výrobní systémy  
Zaměření : Řízení výroby

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

**Optimalizace nákladů na opracování sintrovaných vodítek hlavy  
válců pro motor 1,2 l 3V**

**Optimizing the cost of machining sintered guides cylinder head to  
the engine 1.2 liters 3V**

Zásady pro vypracování :  
(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznámení s firmou a s výrobou vodítek výfukového ventilu.
2. Analýza technologie současného způsobu výroby vodítek výfukového ventilu.
3. Propočet nákladů na současný způsob výroby vodítek výfukového ventilu.
4. Vyhodnocení analýzy a návrhy na opatření s ohledem na optimalizaci nákladů.
5. Formou případové studie doložit doporučené řešení.
6. Shrnutí poznatků a vyhodnocení

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : cca 45 stran textu
- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu) :

1. ZELENKA, A., PRECLÍK, V., HANINGER, M. *Projektování procesů obrábění a montáží*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1999. 190 s. ISBN 80-01-02013-4.
2. ZELENKA, A., PRECLÍK, V. *Racionalizace výroby*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2004. 132 s. ISBN 80-01-02870-4.
3. MÁDL, J., AJ. *Technologie obrábění - 1., 2., 3. díl*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT 2000. 3. sv. 246 s. ISBN 80-01-02091-6.
4. MOUKA, E. aj. *Teorie obrábění*. 1. vyd. Praha: SNTL 1980. [Skriptum VUT Brno]. 150 s.
5. Beroun, S. – Scholz, C.: *Základy teorie vozidel a pístových spalovacích motorů*. Skripta TUL. Liberec 2001

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Lubina, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Miloslav Kargl  
koordinátor výroby motorů EA 211

L.S.

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.  
děkan

V Liberci, dne 13. 1. 2013



## Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: strojírenská technologie  
Zaměření: řízení výroby

### **Optimalizace nákladů na opracování sintrovaných vodítek hlavy válců pro motor 1,2 l 3V**

### **Optimizing the cost of machining sintered guides cylinder head to the engine 1.2 liters 3V**

**KOM - 1237**

***Zdeněk Kuntoš***

Vedoucí práce: Ing. Jiří Lubina Ph.D

Konzultant: Miloslav Kargl, koordinátor výroby motorů EA211, hala M2

Počet stran:.....49

Počet příloh

a tabulek:.....13

Počet obrázků:.....17

Počet modelů

nebo jiných příloh:.....0

Datum 12.5.2013

*Pozn.: 1237 - číslo diplomanta, které přiděluje katedra*



## **Anotace**

Práce se zabývá zmapováním současného způsobu obrábění a zároveň optimalizací nákladů na výrobu vodítek výfukového ventilu. V teoretické části se práce okrajově zabývá problematikou vedení ventilů a hlavně použitou technologií obrábění. V praktické části dochází k využití teoretických znalostí při zmapování výrobního procesu a návrhu na optimalizaci nákladů na výrobu vodítka výfukového ventilu.

## MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 12. května 2013

Podpis



## **Obsah zkratek**

ML - minimum quantity of lubrication (minimální množství mazání)

MMS – Minimalmengenschmierung (minimální množství mazání)

ml – mililitr

mm – milimetr

ŠA - ŠKODA AUTO a.s.

VW – Volkswagen

HTP - High Torque Performance

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Lubinovi Ph.D. za poskytnutí rad, připomínek, za ochotu a vstřícný přístup při psaní této práce.

Také bych rád poděkoval panu Miloslavu Karglovi, ze společnosti ŠKODA AUTO a.s. za poskytnutí informací, ochotné jednání a spolupráci.



## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Škoda Auto a.s. ....	2
2.1	Historie škoda auto .....	2
2.2	Struktura společnosti.....	3
2.3	Modely vyráběné v současnosti .....	4
3	Výroba motorů .....	5
3.1	Začátky výroby .....	5
3.2	Vývoj a výroba dnes.....	5
4	HTP (High Torque Performance).....	7
5	Vodítko ventilu .....	9
5.1	Úvod do problematiky .....	9
5.2	Výfukový ventil .....	10
5.3	Vodítko ventilu.....	11
6	Vystružování.....	12
6.1	Vystružování .....	12
6.2	Výstružník.....	12
6.3	Zkoušky nástrojů od jiných výrobců.....	14
7	Předvrtání .....	16
7.1	Základní charakteristika .....	16
7.2	PKD nástroj .....	17
7.3	Popis operace .....	17
8	Řezná kapalina .....	18
8.1	Řezná kapalina.....	18
8.2	Požadavky na řeznou kapalinu .....	18
8.2.1	Chladící účinek.....	18
8.2.2	Mazací účinek .....	18
8.2.3	Čistící účinek.....	19
8.2.4	Provozní stálost.....	19
8.2.5	Ochranný účinek .....	19

8.2.6	Přiměřené provozní náklady .....	19
8.3	Charakteristika použité řezné kapaliny .....	20
8.3.1	Název .....	20
8.3.2	Popis produktu .....	20
8.3.3	Vlastnosti emulze .....	20
8.3.4	fyzikální a chemické vlastnosti látky nebo přípravku .....	20
8.3.5	Typické parametry .....	20
8.3.6	použitá koncentrace ve výrobě .....	21
8.3.7	Přívod řezné kapaliny .....	21
9	Spékání .....	22
9.1	Postup Výroby .....	22
9.1.1	základní operace .....	22
9.2	BLV 073 – D1 .....	23
9.2.1	Materiál .....	23
9.2.3	Struktura materiálu BLV 073 – D1 .....	23
9.2.4	Chemické složení .....	24
9.2.5	Fyzikální vlastnosti .....	24
10	Toleranční pole děr .....	25
10.1	Rozměr díry je určen třemi parametry .....	25
10.2	Základní pojmy v lícování .....	26
10.3	6H7 .....	27
10.4	Přesné obrábění díry .....	27
11	Trvanlivost nástroje v závislosti na řezných podmínkách .....	28
11.1	Řezné podmínky – vystružování .....	28
11.2	Trvanlivost a životnost nástroje .....	28
11.3	Taylorův vztah .....	28
12	Sledování nástroje a obrobené díry .....	30
12.1	Výsledky sledování .....	30
12.2	Výsledná tabulka sledování 1. Nástroje .....	32
12.3	Výsledná tabulka sledování 2. nástroje .....	33
12.4	Vyhodnocení sledování .....	34
12.5	Úspora nákladů při renovaci nástroje .....	34
13	Minimalmengenschmierung (MMS) .....	36
13.1	Úvod .....	36
13.2	Výhody .....	36

13.2.1	Finanční výhody .....	36
13.2.2	Přínosy pro životní prostředí .....	36
13.2.3	Bezpečnost .....	36
13.2.4	Zdraví .....	36
13.3	Nevýhody .....	37
13.4	Technologie .....	37
13.4.1	Externí zdroj pro standardní procesy .....	37
13.4.2	Vnitřní zdroj pro náročné procesy .....	38
13.5	Výhody jednotlivých technologií .....	39
13.6	MQL Checklist .....	39
13.7	Nástroje pro MQL .....	40
13.8	Varianty systému MQL pro vnitřní zdroj přivádění maziva .....	40
13.8.1	Jedno-kanálový systém MQL .....	40
13.8.2	Dvou-kanálový systém MQL .....	41
13.8.3	.....	41
14	Vyhodnocení technologie MQL .....	46
14.1.1	Mokrý obrábění .....	46
14.1.2	MQL obrábění .....	46
14.2	Zkoušky technologie ve výrobě ŠKODA AUTO a.s. ....	46
14.2.1	Problematika MQL – další dosud nedořešené problémy .....	46
14.2.2	Nedořešené riziko požárního nebezpečí .....	47
14.2.3	Nerovnoměrná a nestabilní spotřeba oleje .....	47
14.2.4	Nefunkční praní dílů po MQL .....	47
14.2.5	Nevhodná konstrukce stand. BAZ GROB, nesplňují základní požadavky na MQL technologii .....	48
15	Závěr .....	49
16	Seznam citací	

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - rozmístění výrobních závodů Škoda Auto .....	3
Obrázek 2 - výrobní závod M6 .....	5
Obrázek 3 - motor 1.2 HTP .....	7
Obrázek 4 - tepelné zatížení výfukového ventilu .....	10
Obrázek 5 - vodítko ventilu .....	11
Obrázek 6 - výstružník Gühring - 6břit .....	12
Obrázek 7 - obrábění sedla ventilu .....	13
Obrázek 8 - navrtávání vedení ventilu .....	16
Obrázek 9 - struktura materiálu 500:1 .....	23
Obrázek 10 - toleranční pole děl .....	25
Obrázek 11 - tolerance .....	26
Obrázek 12 - průměrná hodnota rozměru vnitřní díry vodítka .....	31
Obrázek 13 - drsnost obráběné plochy Rz .....	31
Obrázek 14 - externí a interní zdroj MQL .....	38
Obrázek 15 - jedno-kanálový systém MQL .....	41
Obrázek 16 - dvou-kanálový systém MQL .....	41
Obrázek 17 - Potenciál pro úspory s aplikací MQL .....	46

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - technická data motoru 1,2 HTP .....	8
Tabulka 2 - sintrované vedení výfukového ventilu - tabulka zkoušek nástrojů .....	14
Tabulka 3 - vlastnosti používané řezné kapaliny .....	21
Tabulka 4 - chemické složení sintrovaného materiálu .....	24
Tabulka 5 - fyzikální vlastnosti sintrovaného materiálu .....	24
Tabulka 6 - fyzikální vlastnosti sintrovaného materiálu .....	24
Tabulka 7 - výsledná tabulka sledování nástroje č.1 .....	33
Tabulka 8 - výsledná tabulka sledování nástroje č.2 .....	34
Tabulka 9 - výhody jednotlivých technologií - vnější zdroj .....	39
Tabulka 10 - výhody jednotlivých technologií - vnitřní zdroj .....	39
Tabulka 11 - Porovnání spotřeb oleje při MQL .....	47

## Seznam Příloh

- Příloha 1 - výkres nástroje  
Příloha 2 - výkres vodítka výfukového ventilu

## 1 Úvod

V dnešní době jsme svědky velkého rozmachu na dynamicky rostoucích trzích, který je větší než jsme si kdykoliv dokázali představit. Světová globalizace vytvořila mnoho nových příležitostí a to hlavně na území Asie a východní Evropy. Cílem podniku, s ohledem na budoucí růstovou strategii, je snaha dosáhnout co nejvyšších zisků za pomoci vysoké efektivity výroby, kdy ekonomičnost a kvalita výrobku by měli být správně vyvážené.

Jak podnik pružně reaguje na potřeby, požadavky trhu a jednotlivých klientů, tak i s tím se ve výrobě hledají skryté rezervy a odstraňují nedostatky výrobku. Ne vždy jsou podmínky pro provoz stejné jako na starém kontinentě, kde například většina pohonných látek splňuje určité normy a předpisy. Právě okolnosti technických rozdílů nutí podnik nacházet co nejefektivnější řešení za odpovídající cenu, tak aby bylo dosaženo spokojenosti koncového odběratele. V mé bakalářské práci se budu zabývat vodítky výfukových ventilů hlavy válců, které vlivem rozdílných kvalit pohonných hmot na východním trhu mají sníženou trvanlivost a nedosahují požadované životnosti. Pro odstranění závady byla konstruktéry navržena řešení, která zvyšují odolnost proti jevům způsobujícím omezení funkčnosti soustavy ventil - vodítko.

Cílem práce je analyzovat dosavadní řešení, určit trvanlivosti rezného náradí a jeho vlivu na kvalitu obrobené plochy, porovnat životnosti nového a renovovaného náradí, nastínit principy optimalizace a případně navrhnout nejlepší východisko pro obrábění sintrovaných vodítek hlavy válců motoru 1.2l V3.



## 2 Škoda Auto a.s.

Škoda Auto je společnost s více než 115letou tradicí a hlavním sídlem v Mladé Boleslavi. Výroba se hlavně zaměřuje na produkci osobních automobilů. Za období leden-říjen 2011 automobilka vyrobila 768 000 aut a do konce roku se očekává výroba 900 000 osobních automobilů a to i díky nově otevřeným zahraničním závodům a nástupu nových modelových řad (Citigo, Rapid).

### 2.1 Historie škoda auto

Historie společnosti Škoda začíná v roce 1895, kdy se dva cyklisté, mechanik Václav Laurin a knihkupec Václav Klement, rozhodli založit malý podnik na výrobu jízdních kol (poté, co je neuspokojila reakce německé společnosti na jejich reklamaci vadného bicyklu). V roce 1899 začíná továrna *Laurin & Klement* vyrábět i motocykly.

Prvního automobilu, *Voiturette A*, se dočkává mladoboleslavský podnik roku 1905. Komerční úspěch působí, že se automobilka v roce 1907 mění na akciovou společnost. Po první světové se společnost dále rozvíjí a kromě osobních vozidel vyrábí i nákladní, ale také např. letecké motory. S cílem podporovat další rozvoj společnost hledá silného partnera. V roce 1925 pak dochází ke spojení se strojírenským podnikem Škoda. To znamená konec značky Laurin & Klement, postupně se přechází na jméno a znak *Škoda*.

I Škodu postihla velká hospodářská krize (v průběhu které došlo ke změně názvu na *Akciová společnost pro automobilový průmysl – ASAP*), po které však pokračovala úspěšná éra, kterou přerušila až německá okupace za druhé světové války, za které je továrna částí koncernu Hermann-Göring-Werke a vyrábí se zde zbraňové součásti a terénní vozidla. Výroba nákladních vozidel respektive nákladních automobilů a autobusů pod značkou Škoda ale pokračovala i po skončení 2. světové války. Tato výroba však byla z původního koncernu Škoda oddělena respektive direktivně převedena

Po druhé světové válce je automobilka oddělena od plzeňské části podniku Škoda a přeměněna na tzv. *AZNP Mladá Boleslav* („Automobilové závody, národní podnik“), přičemž je monopolním výrobcem osobních aut v tehdejší Československu. Kvůli omezeným možnostem styku se zahraničím je postupně patrné zaostávání v moderních technologiích. Automobily Škoda nejsou na západních trzích konkurenceschopné a významně se prodávají pouze ve východním bloku.

Po roce 1989 bylo rozhodnuto o vstupu silného zahraničního partnera, v roce 1990 se jím stala velká německá automobilka Volkswagen (druhým finalistou byl Renault, mezi dalších 22 zájemců patřily např. firmy BMW, Fiat, General Motors). Vláda o tom rozhodla 9. prosince 1990 a spojení se uskutečnilo 16. dubna 1991, čímž se Škoda stala čtvrtou značkou koncernu (vedle značek VW, Audi a Seat). Škoda byla opět přejmenována, tentokrát na *Škoda, automobilová akciová společnost*.

Technologický skluz se závodu podařilo brzy dohnat a dnes, pod značkou *Škoda Auto*, se automobily Škoda úspěšně prodávají na trzích celého světa.



## 2.2 Struktura společnosti

Škoda Auto má tři hlavní výrobní závody, všechny umístěné v České republice:

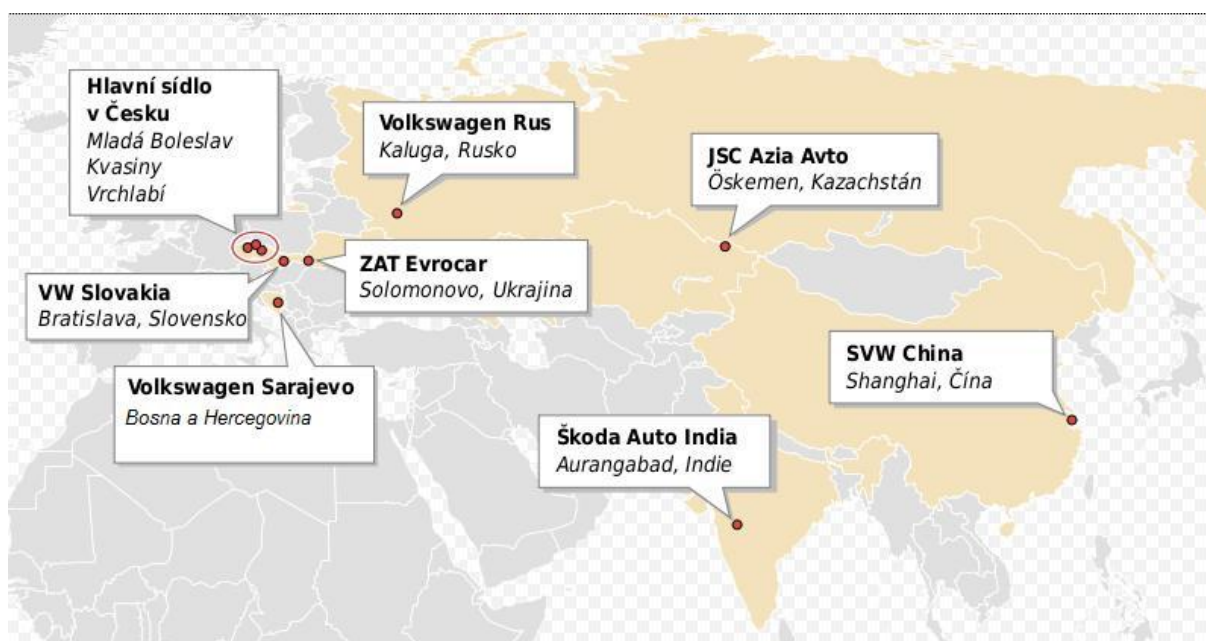
- Mladá Boleslav (výroba automobilů typů Fabia a Octavia)
- Vrchlabí (výroba typů automobilů Octavia Tour a Roomster; do budoucna se má finální montáž zrušit a mají se zde vyrábět pouze převodovky)
- Kvasiny (výroba typů automobilů Superb a Yeti)

Vedle tří českých továren se automobily Škoda montují i v zahraničí. Nejblíže od českých hranic je montážní závod v hlavním městě Slovenska, kde se v současné době vyrábí nejnovější model Škoda Citigo.

Dalším státem, kde vznikají škodovky, je Ukrajina. V Zakarpatské oblasti se vyrábí celá modelová paleta vozů Škoda společně s dalšími koncernovými modely.

Ve středoasijském státu Kazachstánu montuje Škoda od září 2005 model Octavie minulé generace. Závod se nachází ve městě Kamenogorsk.

Velké naděje vkládá automobilka do indického (ŠKODA AUTO India, Aurangabad), ruského (Volkswagen Rus, Kaluga) a čínského trhu (SVW China, Shanghai), kde díky velkému tržnímu potenciálu chce zvýšit celosvětový prodej na 1 500 000 automobilů do roku 2018. Poloha výrobních závodů je naznačena na obr. č. 1.



Obrázek 1 - rozmístění výrobních závodů Škoda Auto

## 2.3 Modely vyráběné v současnosti

V současnosti Škoda Auto a.s. vyrábí 7 modelových řad[1]:

- Škoda Rapid 2011 - pro indický trh;
- Škoda Rapid 2012 vycházející z konceptu MissionL
- Škoda Citigo 2011 - miniautomobil
- Škoda Yeti 2009 - mini SUV
- Škoda Superb 2008 - střední třída
- Škoda Fabia 2007 - malý automobil
- Škoda Roomster 2006 - MPV
- Škoda Octavia 2004 - nižší střední třída
- Škoda Octavia 2013 – nově představený model vycházející z konceptu MissionL



### 3 Výroba motorů

#### 3.1 Začátky výroby

- Začátky výroby motorů v Mladé Boleslavi se datují k roku 1899, kdy pánové Václav Laurin a Václav Klement vyrobili svůj první funkční stroj, motocykl. Postupem času se z Mladé Boleslavi stalo centrum automobilového průmyslu, tehdejšího Rakousko –uherské monarchie, pak Československa.
- Když v roce 1991 vstoupil do automobilky koncern Volkswagen, vykročila ŠKODA AUTO do své nejúspěšnější etapy. Nestala se montážním závodem, jak se mnozí obávali, ale plnohodnotným členem rodiny VW, jak si všichni přáli. Svědčí o tom také nepřerušovaný vývoj a výroba vlastních motorů (1.2 HTP), které v roce 2009 oslavili 110 let.

#### 3.2 Vývoj a výroba dnes

- Škála pohonných jednotek pro všechny typy jednotlivých značek koncernu VW je velmi široká. Obsahuje vznětové i zážehové motory a také motory na alternativní paliva jako například LPG. Kombinují se s manuálními, konvenčními automatickými nebo nejnovějšími dvoj-spojkovými převodovkami DSG. Aby toho



Obrázek 2 - výrobní závod M6

- nebylo málo, musí se při vývoji každého agregátu ještě zohlednit např. různé emisní předpisy, kvalita paliva a provoz v extrémním horku nebo zimě, tak aby se vyhovělo nárokům, představám a normám zemí, kam se vozy exportují.
- Je proto nevyhnutelné, aby vývoj koncernových agregátů probíhal souběžně a úzce spolupracoval i se servisní sítí, kdy jsou jednotlivé závady analyzovány a zpracovány k dalšímu řešení, jako například vodítka výfukových ventilů. Které vlivem rozdílných kvalit paliva v Evropě a na „východě“ jsou extrémně namáhána. Každá značka se soustředí na ty pohonné jednotky, které nejvíce potřebuje pro svůj výrobní program. V případě Škody jsou to maloobjemové motory do 1.2 l.
  - Technický vývoj ŠKODA AUTO v Mladé Boleslavi byl koncernem VW v roce 1998 pověřen vývojem tříválcových motorů, které se začaly vyrábět pro potřebu koncernu v roce 2001 a poprvé se objevily ve vozech Škoda Auto

v modelu Fabia v roce 2003. Vývoj probíhal v úzké spolupráci s partnerským vývojovým oddělením motorové řady EA111. Motory v kompetenci škody jsou čtyřdobé, zážehové, kapalinou chlazené, řadové tříválce OHC o objemu 1198 cm<sup>3</sup> se dvěma ventily ve válci o výkonu 44 kW a se čtyřmi ventily ve válci o výkonu 51 kW. Tříválcové motory se dnes montují nejen do Škodovek (Fabia, Roomster), ale také do vozů VW a Seat. Od červa 2009 došlo k modernizaci dvou i čtyř ventilové verze – např. rozvodová ústrojí nyní pohání ozubené řetězy, snížila se hmotnost klikové hřídele, zlepšila se akustika motoru a stále se ještě zdokonaluje a zlepšuje. V roce 2011 bylo vyrobeno 242 422 těchto motorů. [2]

- Výroba motorů byla v nynější podobě zahájena 20. 12. 2001 v hale M6 – tzv. „nové motorárně“ mladoboleslavského závodu. Výroba motorů zaměstnává 600 lidí. Každý den sjede z linek až 2800 kusů. Jedná se o dvě výkonová provedení zážehového tříválcového motoru 1.2 HTP a od letošního roku také benzinový přeplňovaný motor 1.2 TSI 77 kW. Dále se zde dokončuje montáž motorů 1.4 MPI a vznětových motorů 1.4 TDI PD, 2.0 TDI PD, 2.0 TDI CR [3]



## 4 HTP (High Torque Performance)

Zkratka HTP lze volně přeložit jako motor s vysokým krouticím momentem. Označuje motory s velmi plochou křivkou krouticího momentu. Příznivé hodnoty krouticího momentu jsou dosahovány již při nízkých otáčkách. Škoda zkratkou HTP označuje své tříválcové motory. Motory HTP jsou ve výrobě od roku 2002, od roku 2007 byl zvýšen výkon o 4 kW u obou verzí. Modernizací prošel motor v roce 2009, kdy se obě výkonové varianty začaly vyrábět jako dvanáctiventilové. Agregát je výrobně řešen jako, do budoucna, „bezúdržbový“, protože jeho rozvody pohání rozvodový řetěz. Motor se dodává do automobilů Škoda Fabia, Škoda Roomster, VW Fox, VW Polo, Seat Ibiza a Seat Cordoba.



Obrázek 3 - motor 1.2 HTP

Motory 1,2 HTP byly vyvinuty firmou Škoda Auto a.s. ve spolupráci s koncernem VW na konci devadesátých let. Jako základ posloužila motorová řada EA 111, přičemž konstruktér zvolil jednoduchou cestu sdílení komponent. Motor tedy vznikl odebráním jednoho válce z jednotky 1,6 16V 77 kW, vrtání a zdvih pístů zůstal stejný (76,5 x 86,9 mm). Aby byl chod tříválce prostý silných vibrací, pod klikovou hřídelí v bloku motoru nalezneme protiběžný vyvažovací hřídel. Tím se však motor nezbavil vibrací úplně. Místo rozvodového řemene nalezneme u HTP řetěz s hydraulickým napínákem, hydraulické podpěry vahadel zde nechybějí.

Od roku 2002 (ve VW Polo však dříve) do r. 2004 byly v nabídce motory s typovým označením AWY (40 kW) a AZQ (47 kW). Po jejich modernizaci v roce 2004 (jiná hlava válců s většími roztečemi kanálů a jinak řešeným větším katalyzátorem) se nabízely modifikace BMD (40 kW) a BME (47 kW), v r. 2006 přišla BME o EGR ventil. Do Škody Fabia II. a VW Polo se v roce 2007 dostaly inovované verze značené BBM (44 kW) a BZG (51 kW) s výkonem vyšším o 4 kW. Zvýšení výkonu bylo dosaženo zejména účinnějším plněním – přesunutím filtru z pozice nad motorem (kde je nasávaný vzduch ohříván) do obvyklého místa na boku motorového prostoru. Od roku 2009 se obě varianty motoru nabízejí standardně se dvěma vačkovými hřídelemi

(HTP 12 V) a rozdílem je pouze modifikovaný SW řídicí jednotky Siemens Simos - mezi další změny provedené na motoru patří: tichý ozubený řetěz a s tím modifikace rozvodového systému a motor nově plní emisní předpis EURO 5. Nechybí ani upravené olejové čerpadlo. Takto vybavené motory jsou značené CGPA, případně CGPB v případě 51 kW verze. [4]

Technická Data	1,2 HTP 44 kW	1,2 HTP 51 kW
Počet válců	3	3
Maximální výkon [kW/Umin <sup>-1</sup> ]	47/5200	51/5400
Maximální kroutící moment [Nm/Umin <sup>-1</sup> ]	108/3000	112/3000
Norma	EU 4	EU 4
Palivo	Superbenzin	Superbenzin

**Tabulka 1 - technická data motoru 1,2 HTP**

[5]

## 5 Vodítko ventilu

Je mechanická část ventilového rozvodu, která slouží k přesnému vedení ventilu, tak aby samotný ventil zapadl přesně do sedla a uzavíral kompresní prostor. Tato součástka se nachází přímo v hlavě válců a obráběna až po nalisování do hlavy válců.

### 5.1 Úvod do problematiky

Ačkoliv soustava ventil-vodítko-sedlo výfukového i sacího obvodu zaujímá relativně malou část z objemu spalovacího motoru, jde o součásti značně problematické z hlediska zachování jejich správné funkčnosti v podmínkách, při kterých jsou provozovány. Výfukové ventily jsou tepelně nejvíce zatíženými součástmi motoru, neboť jsou v přímém kontaktu s hořící směsí a horkými spaliny. Významný odvod tepla je zajištěn pouze na zlomku jejich povrchu, a to především mezi kontaktními plochami dříku ventilu a jeho vodítkem, které však musí splňovat podmínku uložení s vůlí, což vodivost kontaktu do značné míry limituje.

Teplotní roztažnost materiálů hraje v tomto případě zásadní roli. Součásti motorů jsou z pevnostních, technologických a jiných důvodů vyráběny z materiálů rozdílného složení, u nichž nelze zaručit stejnou teplotní roztažnost a pevnostní vlastnosti. To platí i pro sledovanou soustavu. Z důvodu nerovnoměrných deformací vlivem ohřátí a mechanických zatížení není možné zachovat během provozu stejné kontaktní vůle jako po montáži. Tento fakt je nutné zohlednit při konstrukčních návrzích motorů a jiných teplotně a mechanicky zatížených zařízení.

Problematika vedení ventilů obecně je obecně konstrukčně sledovaným uzlem. Udržet spolehlivé vedení dříku ventilu v teoretické ose jeho pohybu po celou dobu životnosti motoru je cílem, kterého není snadné dosáhnout. Důvodem požadavku na spolehlivé vedení je skutečnost, že v případě uložení dříku ventilu v hlavě válců s velkou vůlí, např. danou opotřebením po delší době provozu, umožní tato vůle nesoustředné dosednutí talířku ventilu do sedla ventilu, a tím větší a tvarově nesouměrné opotřebení sedel ventilu. Výsledkem takového provozu může pak být i tak velké a nepříznivé opotřebení toho sedla ventilu, že hlava válců netěsní se všemi důsledky ve snížení výkonu motoru, zvýšení spotřeby paliva, zhoršení emisí, atd. V krajním případě může pak nastat i situace, když motor neběží na plný počet válců, anebo dokonce už nejde nastartovat.

Popis problému a jeho konstrukční řešení

Kvalita samotného vedení dříku ventilu v provozu může být ovlivněna konstrukčním uspořádáním, (např. délkou vedení ventilu jako dílu, nebo optimalizací boční síly), volbou materiálů, ošetření provozních podmínek (např. ošetření provozních teplot daty v řídicí jednotce), nebo i použitým palivem.



Konkrétně u hlavy válců našeho triválcového čtyřventilového motoru 1,2 l 51/55 kW EA 111.03E jsme měli od náběhu jeho vedení ventilů ze speciální mosazi v kombinaci s kalenými dříky ventilů ve shodném provedení na straně sání i výfuku. V podmínkách provozu v době jeho náběhu byla tato partie motoru spolehlivě fungující po celou dobu jeho životnosti. Tyto podmínky se ale postupně začaly zhoršovat. Když nebereme v některé další vlivy na opotřebení sedel ventilu vedl neustálý tlak na snižování spotřeby paliva na použití chudších směsí v některých provozních režimech, které jsou obecně příčinou navýšení provozních teplot výfukových plynů. Rovněž se začal navyšovat rozdíl v kvalitě paliva používaného zákazníky. Problém jsme řešili postupně ve dvou krocích:

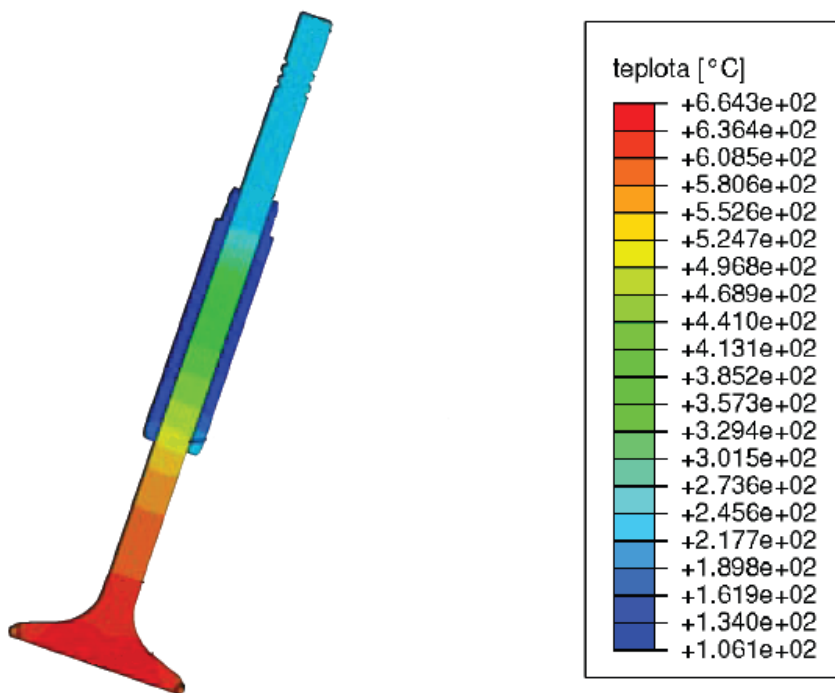
- 1) Prodloužení vedení ventilů z 36 mm na 39 mm na straně sání i výfuku při zachování původního materiálu (speciální mosaz)
- 2) Použití vedení výfukových ventilů ze sintrované oceli při zachování již zvětšené délky 39 mm v kombinaci s chromovaným dříkem výfukových ventilů.

Důvodem použití sintrované oceli na vedení výfukových ventilů byl provoz vozidel s naším motorem ve vozech u zákazníků v Indii, kde v některých případech bylo tankováno palivo s extrémním obsahem síry. Spalováním tohoto paliva v provozu motoru vznikají kysličníky síry, které navázáním na vodní výpary ve spalínách vytvářejí kyseliny síry, které reagují se zinkem ve struktuře mosazi, materiál na naleptaném povrchu ztrácí únosnost a dochází k neúměrnému opotřebení. Sintrovaná ocel je z tohoto pohledu materiálem na opotřebení výrazně odolnějším. Klasické ventily s pouze kaleným dříkem jsou v kombinaci se sintrovanou ocelí vedení ventilů nepostačujícím řešením, ventily (v tomto případě výfukové) s chromovaným dříkem jsou jednou z vyhovujících kombinací.

## 5.2 Výfukový ventil

U dnešních moderních spalovacích jednotek je výfukový ventil umístěn v hlavě motoru a otevírán pouze pokud se píst pohybuje do horní úvrati, tak aby spaliny mohly uvolnit místo ve válci nové směsi paliva.

Výfukový ventil otevírá výfukový kanál spalovacího motoru a vypouští spaliny



Obrázek 4 - tepelné zatížení výfukového ventilu

mimo spalovací prostor, tlak potřebný pro vytlačení je vytvářen pohybem pístu do jeho horní polohy. Otevírá se v danou dobu díky ventilovým rozvodům, kdy na něj působí mechanismus, který přetlačuje pružinu a tím dochází k vytvoření místa pro odvod horkých spalin. Zavírá se tlakem pružiny přes miskou a klínek.

Výfukový ventil může pracovat až při teplotě 800°C, přibližně 75% jeho tepla přechází při chlazení do ventilového sedla a pouze cca 25% tepla je odváděno dříkem, proto tepelné namáhání dříku a i vodítka není zanedbatelné. [6]

### 5.3 Vodítko ventilu

Jedná se o součást motoru, která patří do soustavy ventil – vodítko – sedlo a je obsažená v hlavě motoru, určená k vedení a udržení dříku ventilu v správném směru. Musí být navržena tak aby, vydržela vysoké teploty a zároveň i dokázala efektivně odvádět teplo. Nároky na materiál vodítka jsou vysoké, materiál by měl být minimálně teplotně roztažný.

Obrábění vodítka ventilu musí být co nejpřesnější, z důvodu dodržení předepsané vůle mezi dříkem a vodítkem ventilu. Pokud je vůle velká, ventil ve vodítku má možnost chvění a dochází často i k jeho ohnutí.



Obrázek 5 - vodítko ventilu



## 6 Vystružování

### 6.1 Vystružování

- Vystružování je dokončovací operace pro výrobu přesných děr s předepsanými geometrickými parametry a drsností povrchu obrobené plochy. Přídavek na vystružování nesmí být příliš malý, protože nástroj by v tomto případě obráběný materiál neodřezával, ale pouze vytlačoval a vytvořená díra by neměla požadovaný kruhový průřez (vznikal by mnohohran), ani požadovanou drsnost povrchu. Navíc by docházelo k velmi rychlému opotřebení jednotlivých břitů výstružníku. V praxi se proto přídavek na průměr vystružované díry obvykle určuje podle vztahu:

$$p = 0,1 + 0,005 \cdot D \text{ [mm]},$$

kde: **D** [mm] je jmenovitý průměr vystružované díry.



Obrázek 6 - výstružník Gühring - 6břit

- Jedná se o odebírání nejjemnější třísky (jemné vyhlazení díry) v předvrtaných dírách, aby se dosáhlo tvarové a rozměrové přesnosti (tolerované rozměry) a kvalitního povrchu.
- S malými hodnotami přídavku na vystružování souvisí i nutnost přesného broušení výstružníků tak, aby jejich břity byly co nejostřejší, s poloměrem zaoblení ostří menším než  $r_n = 10 \text{ } \mu\text{m}$ . Toho lze dosáhnout pečlivým broušením a lapováním břitů.

### 6.2 Výstružník

- **Výstružník** je upínaný nástroj většinou z rychlořezné oceli, sloužící k přesnému opracování vyvrtaných nebo vyhrubovaných otvorů. Jeho pomocí lze vytvářet válcové nebo kuželovité otvory.
- Odstraňuje stopy a různé nerovnosti vzniklé při vrtání nebo vyhrubování
- Dokončuje díru na přesný rozměr
- Dokončuje povrchovou úpravu díry
- Odebírání třísek se provádí otáčivým řezným pohybem výstružníku a přímým posuvným pohybem do díry

Výstružníky mají zuby přímé nebo ve šroubovici, s úhlem stoupání  $\omega = 5^\circ \div 20^\circ$ . Pracovní část se podobně jako u výhrubníků skládá z řezného kužele a válcové. U výstružníků s přímými zuby se s výhodou používá nerovnoměrná rozteč zubů,



která zabezpečuje dobrou kruhovitost díry a vysokou kvalitu jejího povrchu (s pravidelnou roztečí by se odřezávali třísky vždy na stejném místě a v nerovnostech by se břity zasekávali -> způsobovalo by to chvění -> záporné ovlivnění jakosti povrchu). Počet zubů výstružníku závisí na jeho průměru a pohybuje se v rozsahu od 4 do 18 (vždy ale mají sudý počet zubů).

Výstružník Gühring

- Šesti - břitý výstružník
- Broušen na velikost 6,0118mm

Obrábění sedla ventilu

Společně s obráběním pracovního otvoru vodítka ventilu se obrábí i sedlo ventilu. Proto není snadné vysledovat přesnou výměnu výstružníku, protože při nesouhlasících požadovaných rozměrech sedla je měně celý upínací nástroj.



**Obrázek 7 - obrábění sedla ventilu**

Volba nástroje

Před zvolením konečného nástroje, probíhaly testy několika druhů nástrojů od různých výrobců. Vše za stejných podmínek, za kterých se i v současnosti obrábí. Jediný výrobce, jehož výrobky splňovaly požadavky, byla společnost Gühring. [7]  
[8]

### 6.3 Zkoušky nástrojů od jiných výrobců

Tabulka 2 - sintrované vedení výfukového ventilu - tabulka zkoušek nástrojů

Sintrované vedení ventilů - výfuk

Výrobce: Mapal

Zkouška nástrojů MAPAL C1/1			Zkouška nástrojů MAPAL C1/2	
	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov s povlakem	Počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov s povlakem
1.	<b>332</b>	<b>zastavno TK - překročena drsnost</b>	<b>332</b>	<b>zastavno TK - překročena drsnost</b>

Zkouška nástrojů MAPAL C1/1			Zkouška nástrojů MAPAL C1/2	
	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov dodatečně napovlakovano	Počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov dodatečně napovlakovano
1.	<b>86</b>	<b>střed mimo toler. - sudový tvar</b>	<b>86</b>	<b>střed mimo toler. - sudový tvar</b>

Zkouška nástrojů MAPAL PKD C1/1			Zkouška nástrojů MAPAL PKD C1/2	
	počet kusů	kvalita obrábění PKD	počet kusů	kvalita obrábění PKD
1.	<b>76</b>	<b>OTŘEP NA VODÍTKU</b>	<b>72</b>	<b>OTŘEP NA VODÍTKU</b>
2.	<b>36</b>	<b>OTŘEP NA VODÍTKU</b>	<b>40</b>	<b>OTŘEP NA VODÍTKU</b>

Zkouška nástrojů MAPAL C1/1			Zkouška nástrojů MAPAL C1/2	
	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov		kvalita obrábění tvrdokov
1.	<b>1436</b>	<b>vyřazen - překročení drsnosti</b>	<b>1528</b>	<b>vyřazen - překročení drsnosti</b>
2.	<b>1280</b>	<b>vyřazen - překročení drsnosti</b>	<b>1364</b>	<b>vyřazen - překročení drsnosti</b>



Výrobce: Gühring

Zkouška nástrojů GÜHRING C1/1			Zkouška nástrojů GÜHRING C1/2	
	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov CNB	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov CNB
1.	60	Kvalita obrábění OK- časté seřizování 6x za směnu !!	60	Kvalita obrábění OK- časté seřizování 6x za směnu !!
2.				
Zkouška nástrojů GÜHRING C2/1			Zkouška nástrojů GÜHRING C2/2	
	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov 6 BŘITŮ	počet kusů	kvalita obrábění tvrdokov 6 BŘITŮ
1.	1530	MALÝ PRŮMĚR - kvalita OK	1486	MALÝ PRŮMĚR - kvalita OK
2.			1700	MALÝ PRŮMĚR - kvalita OK



## 7 Předvrtání

### 7.1 Základní charakteristika

Při samotném vrtání nelze dosáhnout vysoké přesnosti. Při větší požadované přesnosti se proto nejdříve vyvrtá menší otvor a ten se potom přesněji opracuje pomocí výstružníku. S jeho pomocí se odebere maximální vrstva 0,5 mm materiálu.

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují díry zplna, nebo zvětšují již předpracované díry (předvrtané, předlité, předlisované, předkované, atd.). Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj (vrták), méně často obrobek. Osa vrtáku je zpravidla kolmá k obráběné ploše, na které vrták vstupuje do obráběného materiálu. Posuvový (vedlejší) pohyb, ve směru své osy, vykonává vrták.

Charakteristickou vlastností všech nástrojů na díry je, že řezná rychlost se podél hlavního ostří, ve směru od obvodu ke středu nástroje, zmenšuje (v ose nástroje dosahuje nulovou hodnotu). Za řeznou rychlost se proto považuje obvodová rychlost na jmenovitém (největším) průměru nástroje. Hodnoty řezné rychlosti  $v_c$ , posuvové rychlosti  $v_f$  a rychlosti řezného pohybu  $v_e$  se vyjádří na základě vztahů:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} [m \cdot min^{-1}]$$

$$v_f = f \cdot n [mm \cdot min^{-1}]$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2}$$

kde:

- **D** [mm] je průměr obráběné díry,
- **n** [ $min^{-1}$ ] jsou otáčky nástroje (případně obrobku),
- **f** [mm] je posuv nástroje na jednu otáčku.

Nejčastěji používaným nástrojem pro vrtání krátkých děr je šroubovítý vrták, na jehož válcovitém těle jsou vytvořeny obvykle dvě protilehlé šroubovité drážky pro odvod třísky. Vrtáky určené pro vrtání ocelí a litin běžné pevnosti a tvrdosti mají úhel stoupání šroubovice drážek  $27^\circ \pm 5^\circ$ , větší úhel ( $42^\circ \pm 5^\circ$ )

mají vrtáky pro vrtání materiálů s vysokou houževnatostí (např. měkké cementační oceli, slitiny hliníku bez přísady Si, termoplasty), menší úhel ( $12^\circ \pm 5^\circ$ ) vrtáky pro vrtání tvrdších materiálů, dávajících drobnou třísku.



Obrázek 8 - navrtávání vedení ventilu

## 7.2 PKD nástroj

Umělý diamant nebo také označení PKD, je polykrystalický diamant na tvrdokovové podložce používaný u řezných nástrojů. V zahraničí se používá označení PCD. PKD se vyrábí sintrováním za vysokého tlaku a teploty. PKD je kombinací diamantové tvrdosti, životnosti, tepelné vodivosti a tvrdokovové houževnatosti. Pozor je ovšem křehký. Z důvodu kobaltové spojovací fáze se nechá PKD obrábět z 95% elektro jiskřením. [9]

### Obráběné materiály, pro které jsou určeny PKD nástroje

- **neželezné kovy:** měď, hliník, bronz, zlato, hořčík
- **grafit**
- **plasty s obsahem skla**

### Přednosti PKD nástrojů

- **vysoká životnost** *-(odolnost vůči abrazivnímu působení)*
- **přesnost**
- **rychlost a výkon**
- **vynikající kvalita povrchu**

## 7.3 Popis operace

Samotné obrábění vodítka je rozděleno do několika fází, nejprve je polotovár vodítka nalisován do hlavy válců, poté přichází na řadu předvrtání. K předvrtání se používá PKD nástroj, šesti-břítý výstružník, podobné konstrukce jako nástroj pro finální obrábění. Rozdíl mezi oběma nástroji je v průměru 5,950 mm a jeho délce, postačí pouze 25% délky nástroje pro finální obrábění.

Smysl předvrtání je prostý, aby výstružník určený k finálnímu obrábění neobráběl do „plného materiálu“ a aby vytvářel otvor v přímém směru, tzv. aby neplaval v materiálu.

Celá operace se provádí na flexibilním výrobním systému Grob BZ 530 s řízením sinumerik 840, stroj je schopný dosáhnout maximálních hodnot 15000 ot/min a maximálního posuvu 7000 mm/min. hodnoty nastavené pro vystružování jsou 2500 ot/min a 900 mm/min. Výrobce Grob – Werke GmbH&Co.

Po předvrtání přichází na řadu samotné **vystružování** do předem předvrtaného otvoru.



## 8 Řezná kapalina

### 8.1 Řezná kapalina

Řezné kapaliny lze členit na kapaliny s převažujícím chladicím účinkem a kapaliny s převažujícím mazacím účinkem. Toto rozdělení však přesně nevystihuje sortiment kapalin, které jsou v současné době na trhu. Stále více se totiž projevuje snaha zvyšovat mazací účinky i u řezných kapalin s převažujícím chladicím účinkem. Všechny moderní druhy řezných kapalin tento požadavek plní, čímž je prakticky rozdíl mezi oběma skupinami stírán. Řezné kapaliny se rozdělují na vodní roztoky, emulzní kapaliny, mastné oleje, zušlechtěné řezné oleje, rostlinné oleje (ekologicky nezávadné) a syntetické kapaliny.

### 8.2 Požadavky na řeznou kapalinu

#### 8.2.1 Chladicí účinek

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného média odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každé médium, které smáčí povrch kovů, za předpokladu, že mezi povrchem obrobku a médiem existuje tepelný spád. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné médium obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. Důsledkem chladicího účinku je snížení teploty řezání, což má příznivý vliv na opotřebení a trvanlivost nástroje, i na jakost povrchové vrstvy obrobené plochy (nižší hodnoty zbytkových napětí).

#### 8.2.2 Mazací účinek

Mazací účinek je umožněn tím, že médium vytváří na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Vzhledem k vysokým tlakům, které vznikají při řezání, nemůže zde dojít ke kapalnému tření. Může ale vzniknout mezní tření, má-li řezné médium velkou afinitu ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky, v mikroskopické povrchové mezní vrstvě. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného média se uplatní zejména u dokončovacích obráběcích operací, ale také při protahování, výrobě závitů nebo výrobě ozubení.

Mazací schopnost řezného média je závislá na viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Negativní důsledkem vyšší viskozity je omezení průniku média mezi třecí plochy, zhoršení jeho proudění a snížení odvodu tepla. Viskóznější médium ve větším množství ulpívá na třískách, čímž dochází k jeho značným ztrátám. Pevnost mazací vrstvy se zvyšuje přísadami



povrchově aktivních látek, které napomáhají pronikání do trhlin deformovaného kovu a usnadňují tak vlastní proces řezání.

### **8.2.3 Čistící účinek**

Čistící účinek řezného média spočívá zejména v odstraňování třísek z místa řezu. Čistící účinek je významný zejména při broušení (zlepšení řezivosti brousícího kotouče v důsledku vyplavování zanesených pórů, zabránění slepování částic třísky a usnadnění jejich usazování), řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr

### **8.2.4 Provozní stálost**

Měřítkem provozní stálosti řezného média je doba jeho výměny. Dlouhá doba mezi jednotlivými výměnami média je podmíněna tím, aby se jeho vlastnosti po celou tuto dobu neměnily. Stárnutí řezného média olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností média, jeho rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátu ochranných schopností, korozi a hnilobný rozklad. Provozní stálost řezného média závisí na jeho fyzikálních a chemických vlastnostech a na pracovní teplotě.

### **8.2.5 Ochranný účinek**

Ochranný účinek řezného média se projevuje tím, že nenapadá kovy a nepůsobuje korozi. Tento požadavek je důležitý proto, aby nebylo nutné výrobky mezi jednotlivými operacemi konzervovat a aby byl obráběcí stroje chráněny před korozí. Pro zvýšení antikorozního účinku jsou do řezného média přidávány pasivační přísady. Dalším důležitým požadavkem je, aby řezné médium nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů a nebylo agresivní vůči gumovým těsněním.

### **8.2.6 Přiměřené provozní náklady**

Přiměřené provozní náklady souvisí především se spotřebou řezného média. Při rozboru nákladů je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění (průběh plastických de-formací v zóně řezání, opotřebení, trvanlivost, ostření nebo výměna nástroje, změny struktury povrchu obrobené plochy, spotřeba energie). Po tomto rozboru musí následovat hodnocení řezného média s ohledem na jeho provozní stálost, spotřebu, výměnu a náklady na likvidaci. Jedině podrobný technickoekonomický rozbor může rozhodnout o vhodnosti určitého druhu řezného média. [10]



### **8.3 Charakteristika použité řezné kapaliny**

#### **8.3.1 Název**

Castrol Alusol® M-FXS

#### **8.3.2 Popis produktu**

Castrol Alusol® M-FXS je emulgační olej. Vodou mísitelná bezchlorová chladicí a mazací kapalina obsahující minerální olej.

Doporučená koncentrace: 5-10%

#### **8.3.3 Vlastnosti emulze**

- v doporučených koncentracích nepění
- inhibována proti napadání barevných kovů
- neagresivní vůči pokožce, bez zápachu
- koncipována v souladu s předpisem VDI 3035, proto není agresivní vůči lakovaným povrchům strojů
- odpovídá předpisu TRGS 611 (hygiena a bezpečnost práce)
- Castrol Alusol® neobsahuje žádné dusitany, PTBB, PCB ani PCT, a je proto hodnocen jako zvláště vhodný produkt z hlediska pracovních podmínek a životního prostředí.

#### **8.3.4 fyzikální a chemické vlastnosti látky nebo přípravku**

Skupenství: kapalné

Barva: Jantarová

Vůně (zápach): mírný

Rozpustnost: emulguje ve vodě

#### **8.3.5 Typické parametry**





**Tabulka 3 - vlastnosti používané řezné kapaliny**

<b>Koncentrát</b>	
Viskozita při 20°C dle DIN 51562	100mm <sup>2</sup> /s
Obsah minerálního oleje dle DIN 51417	36%
<b>Emulze</b>	
vzhled	Mléčná kapalina
pH 3%-ní emulze	9,0 +/- 0,1
Ochrana proti korozi dle DIN dle DIN 51360/2	5% emulze = známka 0 (bez koroze)
Koeficient refraktometru	1,1

### 8.3.6 použitá koncentrace ve výrobě

Aktuální koncentrace kapaliny Alusol M-FXS ke dni 2. 5. 2012 použitá ve výrobě je 12,6% [11]

### 8.3.7 Přívod řezné kapaliny

Řezná kapalina je přiváděna přívodními kanálky vytvořenými k tomuto účelu uvnitř stroje do místa řezu.

## 9 Spékání

Spékání neboli **sintrování** či slnutí je metoda výroby předmětů z práškových hmot jejich zahřátím na vysokou teplotu, avšak pod jejich teplotu tání, přičemž dochází k vzájemnému splynutí práškových částic. Při tomto procesu, který probíhá ve vakuové peci, dochází k přetváření tvarových dílů.

- metoda práškové metalurgie je určena pro zpracování materiálů s vysokou tavící teplotou, které se obtížně zpracovávají nebo tváří, např. molybden, wolfram.
- používá se při výrobě heterogenních směsí dvou nebo více kovů s odlišnou teplotou tavení
- je to téměř bezodpadová metoda a výrobek má zpravidla konečný tvar a rozměry [12]
- jedná se o velmi nákladnou metodu, proto se vyplatí pouze při velkém množství výrobků.

### 9.1 Postup Výroby

Polotovarem pro spékání jsou práškové hmoty, jež jsou formovány tak, aby se docílilo co největší soudržnosti částic prášku. Proto v práškové metalurgii nesmí velikost zrna překročit 0,60 mm. Předem připravený výlisek je během tepelného zpracování v rozmezí tavící teploty zhuštěn a vytvrzen. Proces spékání tvoří tři na sebe navazující fáze, během nichž dochází ke značnému zmenšení pórovitosti a objemu mřížky. V první fázi dojde ke zhuštění mřížky, v druhé se pak výrazně sníží pórovitost výlisku. Ve třetí fázi dochází k vytvoření sintrovacích vazeb, jež vznikají za přispění povrchové difuze mezi práškovými částicemi. Tím získává spěkaný výlisek pevnost.

#### 9.1.1 základní operace

1. **výroba prášků**
  - a) mechanicky (drcení a mletí kovů, rozprašování kapalného kovu)
  - b) chemickými pochody (chemická reakce, redukce, rozpuštění hranic zrn, kondenzací z plynné fáze)
2. **nasypání prášku do formy** - forma má tvar konečného výrobku a nastává v ní lisování, nebo jiné tvarování prášku do tvaru budoucího výrobku
3. **spékání (sintrování)** - působení ohřevem na určitou teplotu

[13]

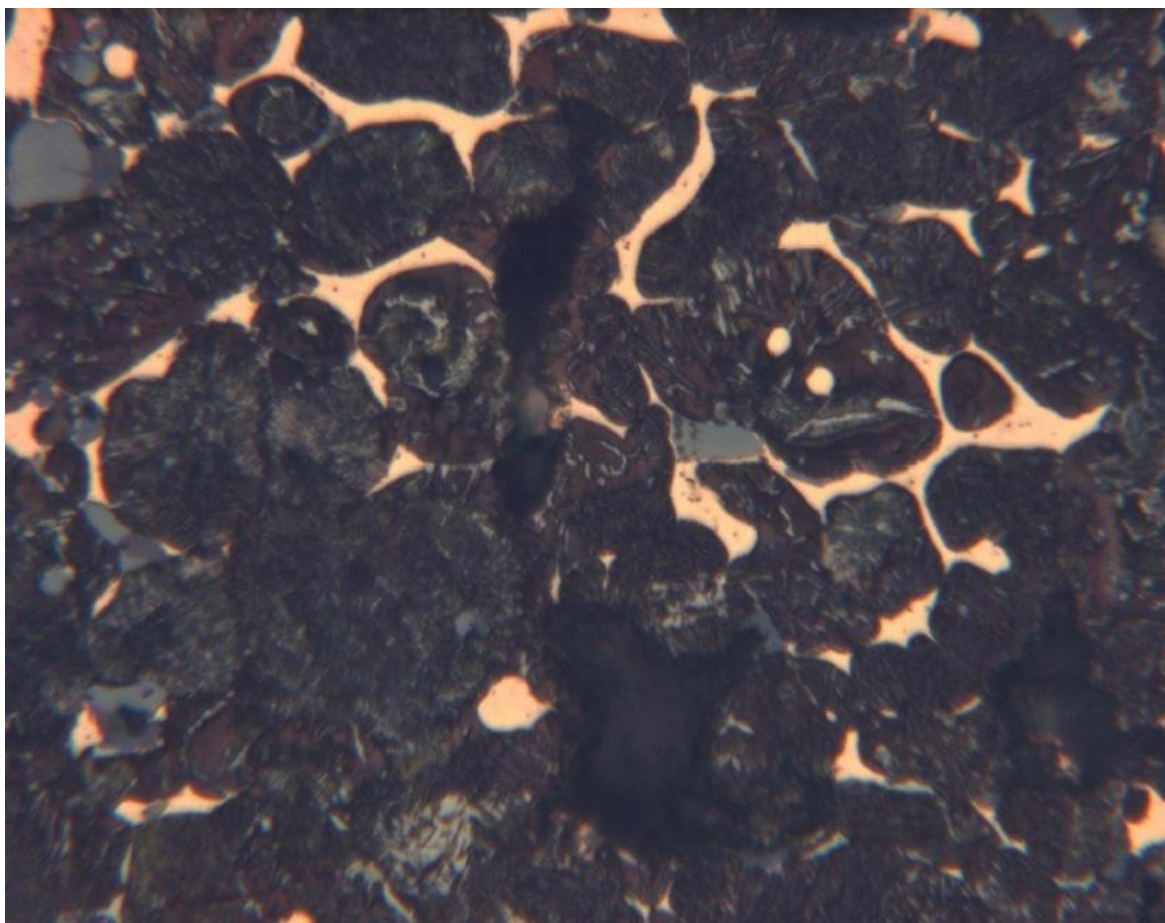


## 9.2 BLV 073 – D1 (vlastnosti sintrovaného materiálu)

### 9.2.1 Materiál

- spékaná ocel odolná proti opotřebení s jednotnou distribucí pórů a měděných ložisek
- výrobce: BLEISTAHL Produktions-GmbH&Co.KG

### 9.2.3 Struktura materiálu BLV 073 – D1



Obrázek 9 - struktura materiálu 500:1

#### 9.2.4 Chemické složení

Chemické složení [hmotnost %]	
<b>C</b>	0,40 - 0,85
<b>Mo</b>	0,40 - 0,80
<b>Mn</b>	0,15 - 0,50
<b>S</b>	0,40 - 0,70
<b>Sn</b>	0,05 - 0,25
<b>Cu</b>	11,00 - 16,00
<b>Fe</b>	zbytkový
<b>Jiné elementy</b>	< 2
<b>Obsah oleje</b>	> 0,7

Tabulka 4 - chemické složení sintrovaného materiálu

#### 9.2.5 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti	
<b>Hustota</b>	> 6,4 g/cm <sup>3</sup>
<b>Tvrdomost</b>	120 - 200 HB 2,5/62,5 70 - 93 HRB
<b>Pevnost v tahu</b>	> 300 N/mm <sup>2</sup>
<b>E-modul</b>	> 70000 N/mm <sup>2</sup>
<b>Radiální pevnost v tahu <sup>1)</sup></b>	> 700 N/mm <sup>2</sup>

Tabulka 5 - fyzikální vlastnosti sintrovaného materiálu

<sup>1)</sup> určena na válcové kroužky podle ISO 2739

[W/m*K]	
Při 100 °C	33
Při 200 °C	33
Při 300 °C	32
Při 400 °C	32
[*10 <sup>-6</sup> 1/K]	
20 °C - 300 °C	15
20 °C - 500 °C	15
20 °C - 700 °C	16

Tabulka 6 - fyzikální vlastnosti sintrovaného materiálu

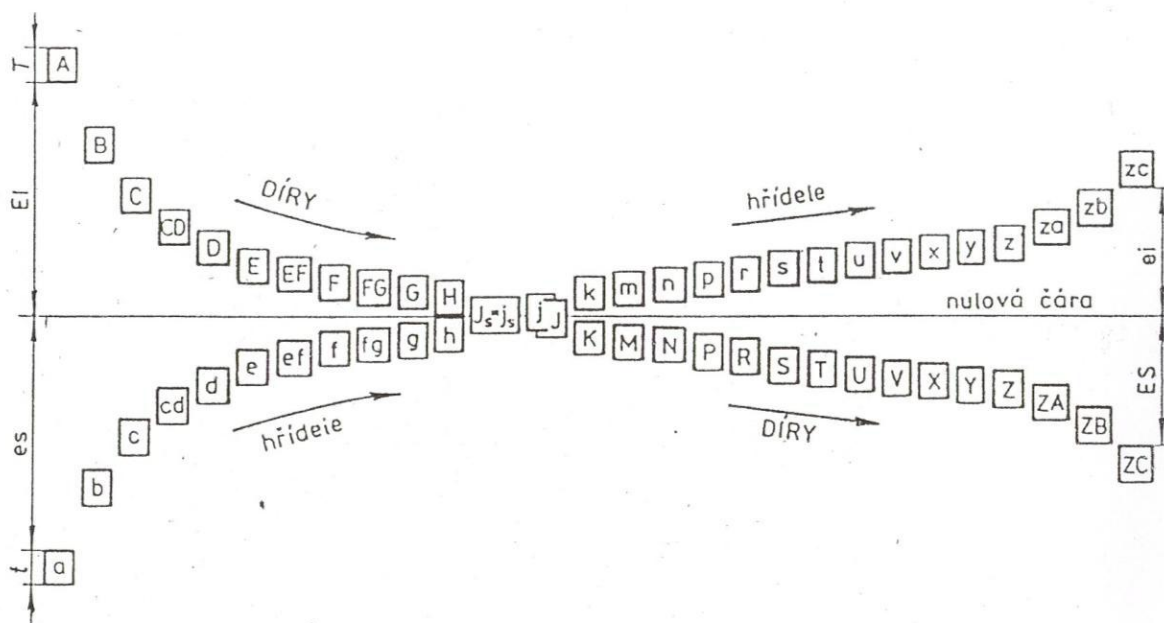


## 10 Toleranční pole děr

Toleranční pole je definováno jako prostorové pole ohraničené horním a dolním mezním rozměrem součásti. Toleranční pole je tedy určeno velikostí tolerance a její polohou vzhledem ke jmenovitému rozměru. Polohu tolerančního pole vzhledem k jmenovitému rozměru (nulové čáře) určuje v soustavě ISO takzvaná základní úchylka. Soustava ISO definuje pro díru 28 tříd základních úchylek označených velkými latinskými písmeny (A,B,C, ... ,ZC). Toleranční pole pro daný jmenovitý rozměr je na výkrese předepisováno toleranční značkou, složenou z písmenného označení základní úchylky a číselného označení tolerančního stupně. [15]

### 10.1 Rozměr díry je určen třemi parametry

- Jmenovitý rozměr (teoreticky přesná hodnota)
- Šířka tolerančního pole (dle ISO označovaná IT)
- Poloha tolerančního pole (dle ISO označovaná velkými písmeny)



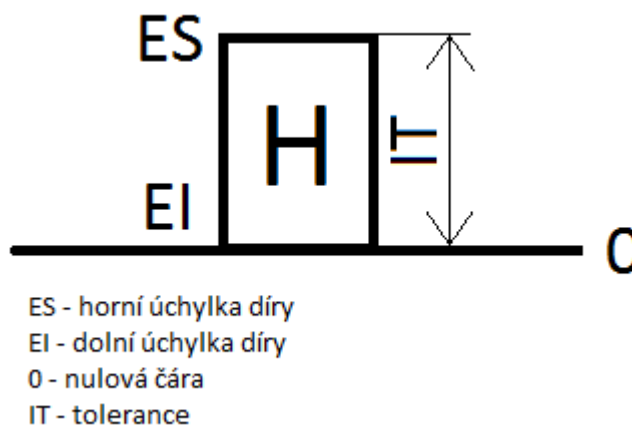
Obrázek 10 - toleranční pole děr

Polohy tolerančních polí vzhledem k jmenovitému rozměru se v lícovací soustavě ISO předepisují písmeny malé a velké abecedy. Poloha tolerančních polí děr se označuje písmeny velké abecedy, poloha tolerančních polí hřídelů písmeny malé abecedy. Aby se vyhovělo požadavkům na přesnost výroby, zavádí soustava **20 stupňů přesnosti**, které se označují IT 01, IT 0, IT 1 .....IT18. Sdružením písmene určujícího polohu tolerančního pole s číslicí určující toleranční stupeň dostaneme toleranční značku. Např. H7, r5, C8.

(skriptu přesnost)

Ve značce uložení popisuje:

- **písmeno** - polohu tolerančního pole vzhledem k nulové čáře (velká písmena označují díry, malá písmena označují hřídele)
- **číslice** - velikost tolerančního pole (tolerance „IT“). [16]



Obrázek 11 - tolerance

## 10.2 Základní pojmy v lícování

- **Rozměr** – číselně vyjádřená hodnota délky (délkový rozměr) nebo úhlu (úhlový rozměr) v obvyklých jednotkách
- **Jmenovitý rozměr** – rozměr, k němuž jsou vztaženy mezní úchylky
- **Skutečný rozměr** – rozměr zjištěný měřením
- **Místní skutečný rozměr** – rozměr vzdálenosti dvou libovolných protilehlých bodů průřezu
- **Mezní rozměry** – dva krajní přípustné rozměry prvku, mezi nimiž musí ležet (nebo jim být nejvýše rovný) skutečné rozměry prvku
- **Horní mezní rozměr** – největší přípustný rozměr prvku
- **Dolní mezní rozměr** – nejmenší přípustný rozměr prvku
- **Úchylka** – algebraický rozdíl mezi rozměrem a jmenovitým rozměrem
- **Mezní úchylka** – algebraický rozdíl mezi mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem
- **Skutečná úchylka** – algebraický rozdíl mezi skutečným rozměrem a jmenovitým rozměrem. Úchylka může být kladná nebo záporná, popř. nulová. Úchylky se označují písmeny **e** (hřídel), **E** (díra) z francouzského écart.
- **Horní úchylka** – algebraický rozdíl mezi horním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem
- **Dolní úchylka** – algebraický rozdíl mezi dolním mezním rozměrem a jmenovitým rozměrem
- **Rozměrová tolerance** – algebraický rozdíl mezi horním mezním rozměrem a dolním mezním rozměrem (je vždy kladná, nebo teoreticky 0 – v praxi nikdy)
- **Základní tolerance** – každá hodnota tolerance rozměru uvedena tabelárně v soustavě tolerancí a uložení ISO 286
- **Toleranční pole** – prostor vymezený horním a dolním mezním rozměrem. Velikost tolerančního pole je dána velikostí hodnoty tolerance, poloha tolerančního pole je udána vzhledem k nulové čáře základní úchylkou
- **Nulová čára** – čára zobrazující jmenovitý rozměr
- **Základní úchylka** – úchylka udávající polohu tolerančního pole
- **Mez maxima materiálu** – ten z mezních rozměrů prvku, při němž má součást největší objem materiálu

### 10.3 6H7

H7 má toleranci  $+0\mu\text{m}$ ,  $+12\mu\text{m}$ . U obráběné díry o průměru 6mm, jsou pak mezní rozměry **6,000mm; 6,012 mm**. Připojením toleranční značky k jmenovitému rozměru jsou určeny číselně mezní úchytky. Velikosti úchylek pro různé rozměry, stupně přesnosti a jednotlivá písmena (toleranční pole) jsou uvedeny v lícovacích tabulkách.

#### 1.1. broušení nástroje

Použitý 6ti-břítý výstružník Gühring je nabroušen horní hranici mezního rozměru, přibližně **6,0118 mm**, to zaručuje dodržení rozsahu, předepsaného na výkrese, viz. Příloha 2 (6H7).

Postupem času se při obrábění nástroj opotřebovává, proto je důležité jeho nabroušení na horní hranici, tak aby se zajistila výroba co nejvíce vodítek při použití jednoho nástroje a dodržení dolní hranice rozměru (6,000 mm), při které je stále ještě dodrženo uložení s vůlí mezi dříkem a vodítkem ventilu, zaručující pohyblivost soustavy ventil-vodítko.

Uložení popisuje charakter spolupráce vycházející z rozměrů součásti před jejich spojením. Uložení volné znamená, že po smontování díry a hřídele vždy nastane vůle, tzn. dolní mezní rozměry díry je větší nebo rovný hornímu meznímu rozměru hřídele. [17]

### 10.4 Přesné obrábění díry

Přesné obrábění se provádí převážně u díry a to z důvodu nákladovosti, je mnohem ekonomičtější a snadnější obrábět přesně díru a pak do ní vyrobit hřídel nežli naopak.





## 11 Trvanlivost nástroje v závislosti na řezných podmínkách

Přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy závisí na typu použitého nástroje. Požadujeme-li vysokou přesnost a dodržení maximální předepsané drsnosti díry, musíme ji vystružovat. Průměr díry i drsnost obrobené plochy závisí na řadě parametrů, jako jsou řezné podmínky, tuhost nástroje, materiál obrobku, použitá chladicí kapalina, atd.

### 11.1 Řezné podmínky – vystružování

- Hloubka záběru je v případě vystružování do předvrtaných děr je určena rozdílem poloměru otvoru před a po obrábění. Jestliže se má vyrobít otvor s vyšší přesností a jakostí obrobené plochy, je nutno volit průměry nástrojů tak, aby byl pro obráběcí operaci k dispozici dostatečný přídavek na obrábění. Hloubka záběru je pro výstružník v rozsahu 0,1 až 0,3 mm.
- Posuv na otáčku se v případě vystružování pohybuje obvykle v rozsahu 0,05 až 1,1 mm/ot.
- Řezné rychlosti jsou v porovnání se soustružením a frézováním nižší a to vzhledem k nepříznivým podmínkám, ve kterých nástroje pracují. Odvod tepla z místa řezu v otvoru je špatný a břit je značně tepelně zatížen, proto se v naprosté většině případů používá chlazení chladicí kapalinou, obvykle emulzí. Řezné rychlosti pro vystružování se pohybují v rozsahu 3,5 až 15 m.min<sup>-1</sup>. (z pdf řezné podmínky)

### 11.2 Trvanlivost a životnost nástroje

Trvanlivost řezného nástroje lze definovat jako součet všech čistých (strojních) časů řezání, od začátku obrábění, až po opotřebení břitu nástroje na předem stanovenou hodnotu vybraného kritéria (kritérium opotřebení a jeho hodnota musí být stanoveny tak, aby vyráběný obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu po celou dobu trvanlivosti nástroje).

Životnost nástroje je pak definována jako součet všech jeho trvanlivostí, nebo též jako celková doba funkce nástroje od prvního uvedení do činnosti až do jeho vyřazení (nástroje, které lze ostřit jsou vyřazeny v případě, že byla obroušená celá jejich funkční část nebo funkční část a nelze znovu naostřit tak aby byla zajištěna výroba dostatečného počtu obrobků s ohledem na ekonomičnost).

### 11.3 Taylorův vztah

Trvanlivost nástroje, podobně jako opotřebení nástroje, závisí zejména na metodě obrábění, vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách (řezná a posuvová rychlost, šířka záběru ostří, řezné prostředí). Počátkem 20.století zjistil F. W. Taylor, že z řezných podmínek má na trvanlivost nástroje největší vliv právě řezná rychlost a odvodil základní vztah pro vzájemnou





závislost těchto dvou veličin, na němž jsou založeny dnešní normy ČSN ISO 3685, i ČSN ISO 8688-1 a ČSN ISO 8688-2 a který je u nás znám pod názvem "**T-vc** závislost" (někdy též "Taylorův vztah") [18]

Kompletní taylorův vztah

$$v_c = \frac{Cv}{T^m h^{xv} S^{yv}} \left[ \frac{m}{min} \right]$$

$v_c$  – řezná rychlost

T – trvanlivost nástroje

h – hloubka řezu

S- posuv

Konstantu  $C_v$  a exponenty  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $m$  určíme z tabulky pro výpočet řezné rychlosti.

## 12 Sledování nástroje a obrobené díry

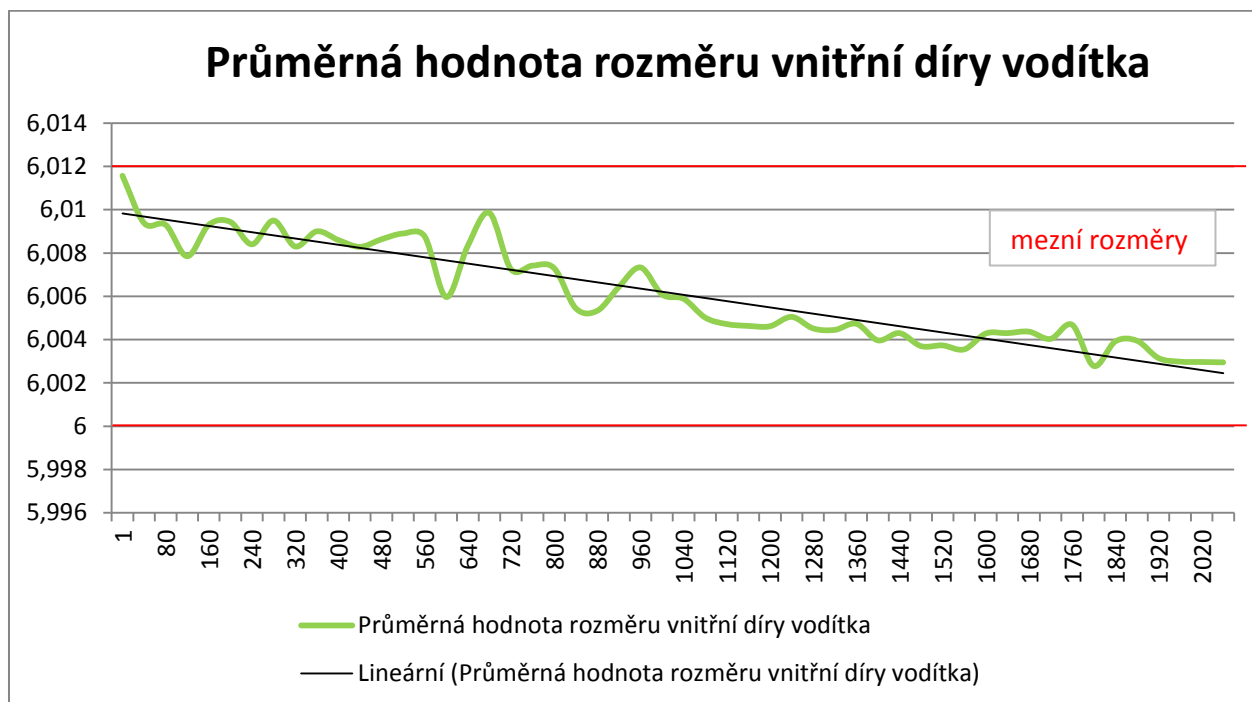
Sledování kvality obráběné plochy díry je jednou z nejdůležitějších nevýrobních operací, podle které se určuje, zda je nástroj stále ještě způsobilý pro obrábění za dodržení požadované jakosti. Samotné sledování se provádí elektronickým měřidlem přímo u stroje. Při pozorování se klade důraz na sledování drsnosti obráběné plochy, průměru obrobené díry vodítka a také sudovitosti. Nástroj samotný se nesleduje z důvodu úspory času, je mnohem hospodárnější zkontrolovat výrobek a z ukazatelů, které určíme, je znatelné jak je nástroj opotřebován.

- Drsnost a průměr obráběného otvoru mají mezní hodnoty předepsané konstruktérem na výkrese. Drsnost ( $R_z$ ) se pohybuje v rozmezí 0-6,3. Mezní hodnoty pro 6H7 jsou 6,000mm; 6,012 mm. Po překročení nebo těsnému přiblížení k těmto hodnotám, se nástroj mění za nový či nástroj renovovaný.
- Vlivem vlastností sintrovaného materiálu BLV 073 - D1 se výstružník rychle opotřebuje, proto se sledování provádí po každých 100 vyrobených kusech, tak aby se zamezilo velkému počtu dílu s neodpovídajícími vlastnostmi. Po překročení nebo těsnému přiblížení k těmto mezním hodnotám, se nástroj mění za nový či nástroj renovovaný. Použitý výstružník je možné jednou renovovat, ale při každé renovaci se jeho trvanlivost sníží na cca 50%.
- Pro potřeby zmapování výrobní operace se měření hodnot provádělo oproti běžnému sledování intenzivněji. Po každých 40 vyrobených vodítkách se zkontrolovala drsnost a průměr.
- Měření bylo prováděno pomocí drsnoměru TKL100

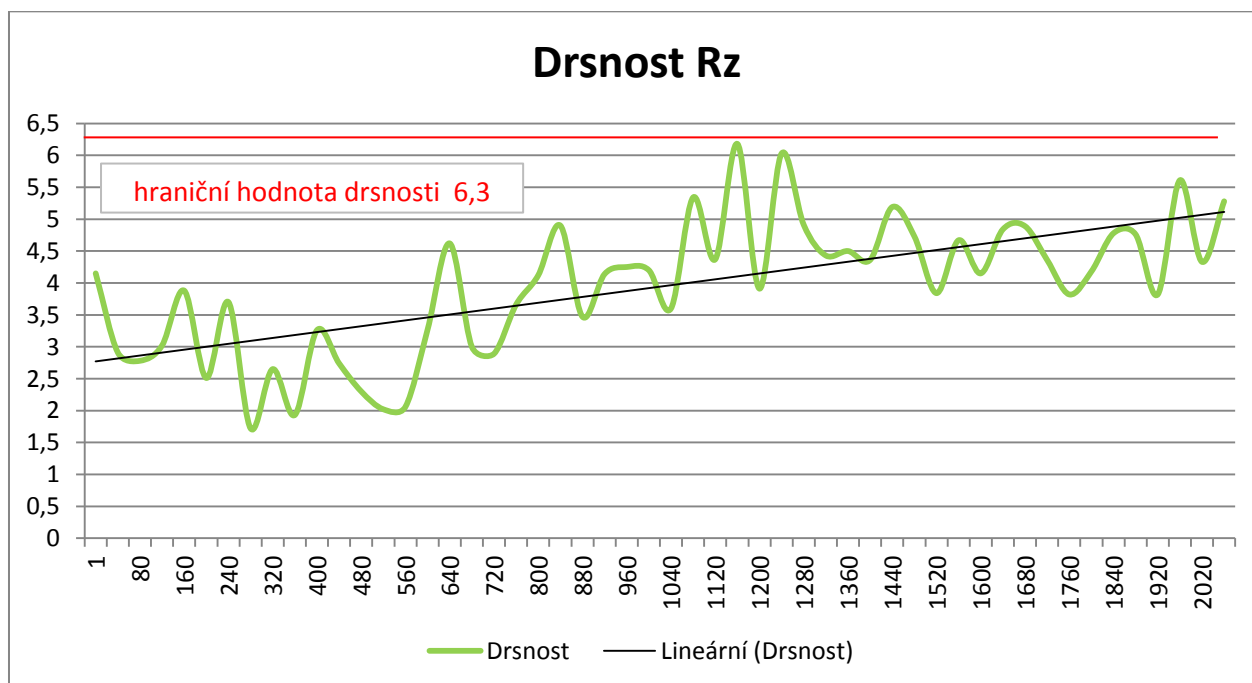
### 12.1 Výsledky sledování

Jak je vidět z následujících grafů, vlivem opotřebení nástroje drsnost stoupá a naproti tomu průměr klesá ke spodní hranici. Oba tyto jevy jsou způsobeny opotřebením výstružníku.





**Obrázek 12 - průměrná hodnota rozměru vnitřní díry vodítka**



**Obrázek 13 - drsnost obráběné plochy Rz**

## 12.2 Výsledná tabulka sledování 1. Nástroje

Sledování nástroje 5111 (výstružník pro vodička - strana výfuku)									
vyrobena ks.	ø vod. 1	ø vod. 2	ø vod. 3	ø vod. 4	ø vod. 5	ø vod. 6	Rz	Pdc	Rdc
1	6,0119	6,0116	6,0116	6,0119	6,0113	6,0111	4,15	0,68	0,77
40	6,0096	6,0101	6,0099	6,0094	6,0084	6,0089	2,91	0,53	0,42
80	6,0094	6,0099	6,0092	6,0099	6,0087	6,0087	2,78	0,43	0,44
120	6,0075	6,0077	6,008	6,0087	6,0072	6,008	3,02	0,54	0,49
160	6,0097	6,0097	6,0092	6,0094	6,0089	6,0089	3,88	0,91	0,74
200	6,0097	6,0094	6,0092	6,0094	6,0092	6,0097	2,51	0,56	0,56
240	6,0089	6,0082	6,0084	6,008	6,0082	6,0087	3,7	0,88	0,86
280	6,0086	6,0094	6,0099	6,0099	6,0091	6,0101	1,72	0,56	0,62
320	6,007	6,0085	6,0092	6,0087	6,0082	6,0082	2,65	0,72	0,7
360	6,0091	6,0089	6,0086	6,0096	6,0089	6,0089	1,93	0,65	0,62
400	6,0089	6,0087	6,0087	6,0084	6,0082	6,0087	3,26	0,67	0,77
440	6,0082	6,0077	6,0084	6,0079	6,0084	6,0091	2,74	0,85	0,7
480	6,0087	6,0082	6,009	6,0087	6,0082	6,009	2,3	0,95	0,81
520	6,0087	6,009	6,0094	6,0087	6,0087	6,0089	2,02	0,78	0,68
560	6,0099	6,0082	6,009	6,009	6,0085	6,008	2,06	0,84	0,72
600	6,0063	6,0058	6,0058	6,0053	6,0063	6,0063	3,27	1,15	1,05
640	6,0087	6,0079	6,0077	6,0079	6,0089	6,0089	4,62	1,08	1,19
680	6,0096	6,0092	6,0092	6,0099	6,0106	6,0106	3	1,27	1,19
720	6,007	6,0075	6,0068	6,008	6,0072	6,007	2,89	1,53	1,51
760	6,0075	6,0075	6,0068	6,008	6,0077	6,007	3,66	1,43	1,4
800	6,0072	6,0077	6,0075	6,0077	6,0065	6,0072	4,12	1,63	1,63
840	6,005	6,0055	6,0055	6,005	6,0057	6,006	4,9	1,74	1,65
880	6,0057	6,0055	6,0048	6,0053	6,0057	6,005	3,47	1,53	1,5
920	6,007	6,0074	6,005	6,0065	6,0062	6,0065	4,14	1,66	1,84
960	6,0069	6,0072	6,0077	6,0084	6,0072	6,0066	4,25	1,65	1,77
1000	6,0067	6,0055	6,0055	6,0064	6,0067	6,0057	4,2	1,75	1,77
1040	6,0055	6,0065	6,0055	6,0047	6,0066	6,0065	3,6	1,55	1,57
1080	6,005	6,0045	6,0045	6,0064	6,0047	6,005	5,34	1,57	1,67
1120	6,0045	6,0043	6,0045	6,0045	6,0045	6,006	4,37	1,5	1,63
1160	6,0047	6,0052	6,0035	6,0047	6,0042	6,0055	6,18	1,7	1,95
1200	6,0048	6,0045	6,0036	6,0055	6,0045	6,0048	3,91	1,6	1,53
1240	6,0048	6,0048	6,0045	6,005	6,0057	6,0055	6,03	1,9	1,95
1280	6,004	6,0043	6,005	6,0045	6,005	6,0043	4,91	1,6	1,63
1320	6,0052	6,0047	6,0045	6,0047	6,0038	6,0038	4,43	1,63	1,66
1360	6,0043	6,0047	6,0052	6,005	6,0045	6,0047	4,5	1,8	1,78
1400	6,0047	6,004	6,0047	6,003	6,0038	6,0036	4,36	1,72	1,86
1440	6,0047	6,0047	6,0038	6,005	6,0038	6,0038	5,19	1,59	1,56
1480	6,0035	6,0033	6,0038	6,0033	6,0038	6,0045	4,73	1,58	1,69
1520	6,0043	6,0036	6,0028	6,0033	6,0048	6,0036	3,84	1,67	1,67
1560	6,0043	6,0031	6,0028	6,0028	6,0043	6,004	4,67	1,86	1,75
1600	6,0038	6,0042	6,0045	6,0047	6,004	6,0045	4,15	1,71	1,78



1640	6,004	6,0052	6,0043	6,004	6,004	6,0043	4,84	1,64	1,69
1680	6,004	6,0045	6,0047	6,0045	6,004	6,0045	4,89	1,67	1,79
1720	6,0035	6,0038	6,0041	6,004	6,0045	6,0043	4,36	1,73	1,86
1760	6,0033	6,0028	6,005	6,0048	6,0057	6,0065	3,82	1,62	1,67
1800	6,0028	6,0025	6,0028	6,0028	6,0025	6,0033	4,18	1,54	1,74
1840	6,0028	6,0046	6,0038	6,0041	6,0036	6,0046	4,78	1,64	1,64
1880	6,0032	6,0043	6,004	6,0035	6,0035	6,0052	4,76	1,67	1,7
1920	6,0023	6,003	6,0028	6,004	6,0035	6,0033	3,82	1,53	1,5
1980	6,003	6,0033	6,0025	6,0038	6,0028	6,0025	5,61	1,89	1,97
2020	6,0033	6,0031	6,0031	6,0033	6,0024	6,0026	4,33	1,76	1,51
2060	6,0028	6,003	6,0031	6,003	6,003	6,0028	5,28	1,9	1,9

**Tabulka 7 - výsledná tabulka sledování nástroje č.1**

## 12.3 Výsledná tabulka sledování 2. nástroje

Sledování nástroje 5111 (výstružník pro vodítka - strana výfuku)									
vyrobena ks.	Ø vod. 1	Ø vod. 2	Ø vod. 3	Ø vod. 4	Ø vod. 5	Ø vod. 6	Rz	Pdc	Rdc
1	6,0102	6,0104	6,0104	6,0109	6,0106	6,0111	3,04	0,56	0,56
40	6,0075	6,008	6,0084	6,0072	6,007	6,0087	3,26	0,44	0,56
80	6,0084	6,0079	6,0086	6,0082	6,0074	6,0081	5,99	0,74	0,49
120	6,0084	6,0086	6,0084	6,0082	6,0086	6,0084	3,1	0,42	0,96
160	6,0082	6,0072	6,0077	6,007	6,0071	6,0077	3,37	0,43	0,38
200	6,0074	6,0064	6,0072	6,0069	6,0072	6,0074	2,28	0,43	0,71
240	6,0068	6,0065	6,0068	6,006	6,007	6,0058	3,21	0,36	0,37
280	6,0055	6,0063	6,0065	6,006	6,0058	6,0065	2,6	0,5	0,7
320	6,006	6,0058	6,0062	6,006	6,0064	6,0062	4,36	0,58	0,51
360	6,0085	6,0077	6,0063	6,0077	6,0075	6,0085	1,91	0,64	0,8
400	6,0077	6,0067	6,007	6,0074	6,0074	6,0077	3,43	0,62	0,44
440	6,0077	6,0085	6,0072	6,007	6,0075	6,0072	1,98	0,52	0,6
480	6,0074	6,0062	6,0069	6,0065	6,0067	6,0062	2,39	0,59	0,4
520	6,0079	6,0079	6,0079	6,0079	6,0089	6,0074	3,14	0,79	0,56
560	6,0085	6,0089	6,0087	6,0082	6,0082	6,0085	3,08	0,76	0,68
600	6,008	6,0082	6,007	6,0077	6,007	6,0077	2,16	0,75	0,64
640	6,007	6,0075	6,008	6,0075	6,0085	6,008	2,47	0,71	0,63
680	6,0082	6,008	6,0085	6,0085	6,009	6,0082	3,19	0,68	0,51
720	6,007	6,0077	6,0082	6,0082	6,0087	6,0084	3,58	0,75	0,71
760	6,0079	6,0082	6,0074	6,0069	6,0074	6,0068	1,79	0,79	0,79
800	6,0075	6,0082	6,0065	6,0077	6,0085	6,0082	3,24	0,91	0,69
840	6,007	6,0077	6,0074	6,0082	6,0077	6,0068	2,86	0,91	0,84
880	6,0074	6,0072	6,0074	6,007	6,0072	6,0072	2,18	0,82	0,79
920	6,0068	6,0074	6,0067	6,0068	6,007	6,0069	2,12	0,87	0,79
960	6,0085	6,0087	6,0087	6,008	6,0085	6,008	2,56	0,88	0,69
1000	6,0097	6,0092	6,0084	6,0097	6,0094	6,0092	3,26	0,92	0,77
1040	6,008	6,0079	6,008	6,0078	6,0074	6,008	4,49	0,92	0,88



1080	6,0072	6,007	6,0072	6,0074	6,0068	6,0068	4,86	0,96	1,43
1120	6,0065	6,007	6,0067	6,0072	6,0067	6,0065	2,88	1,07	0,98
1160	6,006	6,0065	6,0068	6,0055	6,0065	6,0068	3,52	1,44	0,96
1200	6,0065	6,0067	6,0055	6,0065	6,006	6,0062	3,41	1,06	1,38
1240	6,007	6,0072	6,0068	6,0068	6,0072	6,0073	2,93	0,93	1,04
1280	6,006	6,0058	6,0053	6,0058	6,006	6,0058	3,67	0,87	0,94
1320	6,0058	6,0054	6,005	6,0053	6,005	6,0052	3,23	0,93	0,97

Tabulka 8 - výsledná tabulka sledování nástroje č.2

## 12.4 Vyhodnocení sledování

Ze sledování jsem zjistil, že průměrná životnost nástroje se pohybuje cca okolo 1700 vyrobených kusů na jeden nový nástroj, při zachování požadovaných vlastností. Přesné nabroušení nástroje při jeho výrobě, je důležité pro delší životnost nástroje, kde je přímá úměra čím lépe nabroušený nástroj, tím delší životnost.

Při průměrné výrobě 1700 ks / 1 nástroj je tato technologie na hranici svého maxima a proto **optimalizace nákladů by měla být orientována na snížení provozních nákladů**. Protože operace výroby vodítka, je zařazena mezi sériovou výrobu bloku motoru EA 111, není mnoho prostoru pro případné úspory. Jelikož je stroj určený pro obrábění součástí výrobní linky, nelze použít jiný, stejně tak nelze operaci provádět jinak a to z důvodu kontinuity výrobního postupu, kdyby byla provedena změna v návaznosti operací, muselo by být i měněno uspořádání výrobní linky a náklady na reorganizaci by byly vyšší nežli případná úspora.

Transport materiálu, je prováděn v rámci výrobní linky, kdy polotovár vodítka je zalisován přímo do bloku motoru.

Po provedení zkoušek nástrojů od několika výrobců (viz. 6.3), je nástroj od firmy Gühring jediný, který splnil požadavky na vlastnosti obráběné plochy.

Možný prostor pro úsporu na nákladech za obrábění ze strany nástroje, je jeho renovace (viz 12.5)

## 12.5 Úspora nákladů při renovaci nástroje

Nový nástroj má cenu 4096,- Kč

Při průměrné výrobě 1700 ks/nástroj je cena za jedno vodítko **2,409,- Kč**

Cena za renovaci je vyčíslena na cca 50,- € = 1293,- Kč (k dnešnímu dni 15. 5. 2013 kurz 25,86kč = 1€)



U renovovaného nástroje je životnost snížena na cca 50%, tzn.:

Při průměrné výrobě 850 ks/renovovaný nástroj je cena za jedno vodítko **1,52,- Kč**

**Úspora** při první renovaci nástroje je **36,9%** (0,889,- Kč) na jednom kusu vodítka, ale takto renovovaný nástroj, jak je napsáno výše má asi poloviční životnost oproti nástroji novému. Renovace nástroje se provádí pouze jednou, aby se dosáhlo ekonomické výhodnosti poměru ceny renovace a vyrobených kusů vodítka.

Budoucí úsporu nákladů vidím v zavedení nových technologií, které uspoří náklady za energie, jak je popsáno v následující kapitole.



## 13 Minimalmengenschmierung (MMS)

### 13.1 Úvod

Minimální množství mazání (dále MQL - Minimum quantity lubrication) označuje technologii chlazení nástroje při procesu obrábění s minimálním množstvím použité chladicí kapaliny.

MQL si stále více nachází cestu i do oblasti kovoobrábění a v mnoha oblastech již nahradila konvenční zpracování za mokra. Na rozdíl od konvenčního systému mazání MQL požívá jen několik kapek (cca 5 ml až 50ml za hodinu). Dnes v tomto systému tkví velký potenciál pro budoucí úspory, vyplývající nejen z mnohem menší spotřeby chladicí kapaliny ale i z nároků na procesní techniku, zajišťující rozvod kapaliny a její následné další (ekologické) zpracování. Především v automobilovém průmyslu, kde je kladen velký důraz na úspory, má tato technologie velkou budoucnost a to díky velkému objemu produkce obráběných dílů.

### 13.2 Výhody

#### 13.2.1 Finanční výhody

- Odstranění nákladů vzniklých konvenčním mazáním (např. údržba, kontrola, příprava a likvidace řezných kapalin.
- S optimalizovanými procesy se může očekávat delší životnost.
- V jednotlivých případech může být snížen procesní čas až o 30%
- Náklady na nákup, skladování, přepravu a likvidaci řezných kapalin mohou být výrazně sníženy nebo odpadnou.
- Jsou sníženy anebo úplně odstraněny náklady na testování a údržbu chladiva.
- V závislosti na aplikaci, můžete sledovat náročné procesy při čištění / praní
- Suché třísky mohou být prodávány jako recyklovatelný materiál, vlhké třísky musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.

#### 13.2.2 Přínosy pro životní prostředí

- Nejsou třeba škodlivé přísady proti znečištění (např. biocidy a fungicidy)
- Nejsou možné velké úniky chladiva vinou případné nehody.

#### 13.2.3 Bezpečnost

- U strojů, prostřednictvím suchého prostředí, se snižuje riziko nehod.

#### 13.2.4 Zdraví

- Výrazné snížení zdravotních rizik vzniklých emisí řezných kapalin ve vzduchu (onemocnění dýchacích cest a pokožky, po styku s chladicí





kapalinou obsahující přísady pro čištění). Chladicí média se nešíří v okolí stroje a tím pomáhá udržovat čistotu na pracovišti.

### 13.3 Nevýhody

- V závislosti na konfiguraci, je vysoká cena úpravy stroje.
- Současné náklady se zvýší o více drahých speciálních nástrojů pro MQL.
- Pro individuální a malosériovou výrobu, MQL není rentabilní.
- Změna na MQL není vhodná pro všechny typy strojů, procesů a obrobků, takže obvykle přívod chladicí kapaliny ve společnosti je zachován.
- Pouze pro nové investice

### 13.4 Technologie

MQL vyžaduje, v závislosti na podmínkách zpracování, rozsáhlé změny obráběcího stroje a nástroje. Kruhové, pásové pily a soustruhy například, mohou být snadno dovybaveny systémem pro MQL. V oblasti vysoko řezných nástrojů, je potřeba speciální navržené obráběcích strojů a popřípadě i nástrojů, podle způsobu dopravy chladicí kapaliny do místa řezu. Mazivo je dodáváno prostřednictvím minimálních množství oleje (MQL systém). Aplikace cílené dodávky maziva přímo na místo zajišťuje mazání kontaktů plochy mezi nástrojem a obrobkem a třískou. Mazivo je dopravováno, jak aerosol pomocí stlačeného vzduchu, nebo je "stříleno" na nástroj ve formě kapek. Další možností je vnitřní průchod maziva vnitřními kanály přímo do kritického místa.

Definice minimálního množství mazání nebyla dosud specifikována v normách a pokynech. Na základě četných publikací, byla tato definice stanovena v praxi:

Minimální množství mazání (MQL), v průměru ne více než 50 ml/h maziva se používá na zpracování nástroji pro obrábění. Pro některé operace však může proces využít více než 150 ml/h po dobu krátkých intervalů, např. s nástroji o průměru > 40 mm.

MQL technika je rozdělena do následujících systémů:

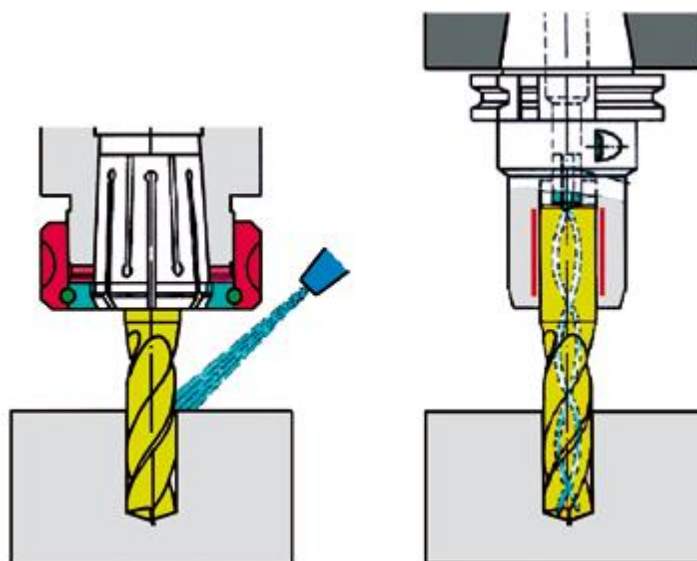
#### 13.4.1 Externí zdroj pro standardní procesy

MQL systémy pro externí zdroje jsou vhodné pro obráběcí stroje, protože dovybavení požadované trysky lze snadno instalovat na vřeteníku. Tento systém je obzvláště vhodný pro jednoduché (standardní) procesy, např. řezání, frézování a soustružení. Tento typ dodávek maziva je však omezena délkou a průměrem nástroje stejně jako omezenou dostupností do břitu nástroje, např. Při vrtání hlubokých děr. V případě externího přívodu se olej aplikuje pomocí trysek kolem obvodu nástroje. Tento systém je vhodný především pro vstupní úroveň provedení standardních procesů (soustružení, frézování). Tento systém se používá především při zpracování flexibilní centra a nové stroje jsou v provozu, stejně jako s vysokorychlostním řezu (HSC).



Různé zařízení technologie a jejich účelům, stejně jako výhody a nevýhody, jsou popsány níže.

Minimální množství mazání systémy pro externí přívod Zařízení pro přepravu externí přívod maziva a samostatné atomizaci vzduchu do blízkosti kontaktní místo. To se koná v koaxiálním nebo paralelním potrubím paketu. Na konci potrubí, mazivo rozprašováno s tryskou a podáván k nástroji jako aerosol zvenčí. Nízká cena, jednoduchá dovybavení a možnost nasazení konvenčních nástrojů jsou klíčem Výhody z těchto systémů. Nicméně, všechny tyto systémy mají nevýhody, které omezují jejich použití vzhledem k principu zapojit. Trysky musí být manuálně nastavit nebo upravit přes os doplňkových umístění do nástroje, tam jsou také ztráty v důsledku rozptylu a stínování účinky. Nejdůležitější oblasti použití pomocí strojů s nízkou úrovní flexibility a zahrnují řezání, frézování, protahování, frézování, vrtání a řezání závitů procesů



Obrázek 14 - externí a interní zdroj MQL

### 13.4.2 Vnitřní zdroj pro náročné procesy

Použití MQL systémů s vnitřními kanály umožňuje přesné dávkování aerosolu přímo ke kontaktnímu bodu nástroje a obrobku. Mazivo je neustále k dispozici v kritických bodech při celé sekvenci zpracování. Díky tomu je možné vyvrtat velmi hluboké díry a používat velmi vysoké řezné rychlosti. Vzhledem k tomu médium musí být vedeno vřetenem stroje, konverze na tento systém může být velmi nákladná. Některé systémy mohou být řízeny přímo řídicí jednotkou obráběcího stroje, nastavení mazacího systému pro požadované hodnoty množství oleje a stlačeného vzduchu může pak být vykonáváno automaticky, při výměně nástroje.

U vnitřního vedení je mazivo transportováno přes vřeteno systému stroje a přes kanály v nástroji, tento systém umožňuje přímou dodávku maziva do řezné zóny. Konstrukce těchto strojních součástí má tedy značný vliv na fungování MQL a v některých případech vyžaduje optimalizaci celého systému. Na rozdíl od přístrojů pro externí přívod není nutná žádná úprava trysek a je velmi málo ztrát v důsledku rozptylu. Konverze a dovybavení zahrnuje určité množství práce a obvykle vysoké náklady, což by mělo být posuzováno případ od případu z důvodu ekonomické výhodnosti. Kritéria pro posudek jsou výrobní program s jednotkovými čísly (sériová nebo kusová výroba) a možnosti využití stávajících komponent obráběcích strojů. Vnitřní doprava maziva je preferována, tam kde vnější zdroj není již dostačující, například při vrtání s velkým poměrem L/D (Länge /Durchmesser), nebo když je třeba zvýšit produktivita stroje k dosažení kratší časy obrábění. Oblasti použití jsou všechny výrobní procesy s geometricky definovanou řeznou hranou, stroje s vysokou mírou flexibility a více vřeteny. Společné pro všechny MQL systémy je použití par

nebo aerosolů, skládající se z plynné a kapalná fáze.

### 13.5 Výhody jednotlivých technologií

Vnější zdroj (dodání maziva)	
Výhody	Nevýhody
Jednoduchá adaptace	Omezené možnosti nastavení pro trysky kvůli různým délkám a průměrům nástroje
Nízké investiční náklady	Možný rozptyl proudu či stříkací ztráty při obrábění
Malá práce, nutné pro dodatečnou montáž na konvenční obráběcí stroje	<b>Velmi nízká účinnost</b>
Rychlá odezva	
Žádné speciální nářadí	

**Tabulka 9 - výhody jednotlivých technologií - vnější zdroj**

Z výsledků testů, provedených firmou ŠKODA AUTO a.s., je vnější zdroj maziva zcela nepoužitelný pro sériovou výrobu dílů pro motory EA 111/211.

Vnitřní zdroj (dodání maziva)	
Výhody	Nevýhody
Optimální mazání při řezání na místě (pro každý nástroj, i pro nepřístupné body)	Speciální použití nástrojů
Není rozptyl nebo stříkací ztráty (viz externí zdroj)	Vysoké investiční náklady
Optimální mazací množství pro každý nástroj	Vhodnost zařízení je nutné

**Tabulka 10 - výhody jednotlivých technologií - vnitřní zdroj**

### 13.6 MQL Checklist

Důležité pro bezpečnost procesu je zajištění nepřetržitých dodávek maziva do místa (bez přerušení). Pro dodávky maziva by měl být využit bezpečný systém, který splňuje následující požadavky.:

- Nastavení parametrů, např. množství a tlaku, podle výchozí hodnoty a jsou závislé na procesu, materiálu a kritériích obrábění.
- Přesné a vibračním odolné nastavení trysky ve vztahu ke kontaktní zóně.
- Možné monitorování provozu (např. hladina náplně, doprava média a stlačený vzduch).
- Specifikace rozsahu viskozity při 40 ° C (stanoveno systémem)
- Garance dopravy medií na místo bez ztráty převodu z trysky nebo nástroje (žádné netěsnosti).
- komponenty a těsnění odolné proti médiím (v provozu kontrolovaných případ od případu).
- Možné nastavení pro dosažení suchého obrobku a třísky při nejmenším množství (<10 ml / h)

- Zaručené nepřetržité dodání maziva (bez pulzů nebo přerušení).
- Rychlá odezva a dostupnost média v místě obrábění i po dlouhém zastavení stroje.
- Nízká hlučnost (<75 dB)

### 13.7 Nástroje pro MQL

Obrábění s MQL používá velmi malé množství maziva. To je důvod, proč má dodávání řezného média na kontaktní místo prvořadý význam. Nástroj je zásadní systémový prvek. Pro MQL jsou běžné systémy často omezené vhodností. Nástroje použité ve vlhkém obrábění jsou často používány dále. Když se tak stane, brzy se projeví omezení účinnosti nástrojů. Speciálně pro procesy s vysokým vývojem tepla a vysoké řezné rychlosti, MQL kompatibilní nástroje jsou základním předpokladem pro efektivní obrábění. Na jedné straně je suché obrábění a minimální množství maziva na základě sníženého vývoje tepla a na druhé straně na rychlém odvodu tepla přes třísky. MQL-kompatibilní nástroje jsou optimalizovány tak, aby tyto požadavky s ohledem na dělení materiálu a geometrie nástroje splňovali. Moderní obráběcí nástroje se vyznačují vysoce výkonnými a odolnými materiály, MQL kompatibilními povlaky a geometrií, která pomáhají odvodu třísek a napomáhají ochraně proti přehřátí. [19]

### 13.8 Varianty systému MQL pro vnitřní zdroj přívádění maziva

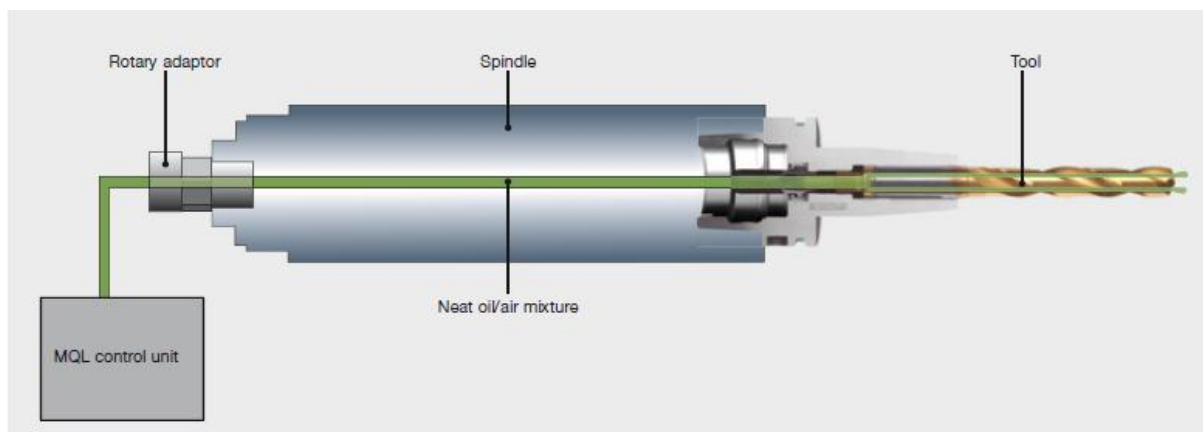
Poskytnutí média MMS na nářadí se může provést dvěma různými způsoby:

- 1) aerosolová směs může být recyklována a přivádí se do zpracovatelského systému (1-kanálový systém).
- 2) Nebo mísením vzduchu a MMS médiem, přiváděným samostatně do směšovací komory, míchaném mimo stroj (2 -kanálový systém).

#### 13.8.1 Jedno-kanálový systém MQL

S 1-kanálovým systémem MQL, je mazací aerosol vytvořený v samostatné jednotce, která je součástí obráběcího stroje. Speciální systémy trysek, uvnitř nádoby pod tlakem, vytvoří mazací aerosol přes regulovaný zdroj stlačeného vzduchu. Čistý obsah oleje je nastavitelný a pak udržován v rámci fyzikálních limitů MQL řízení. [20]

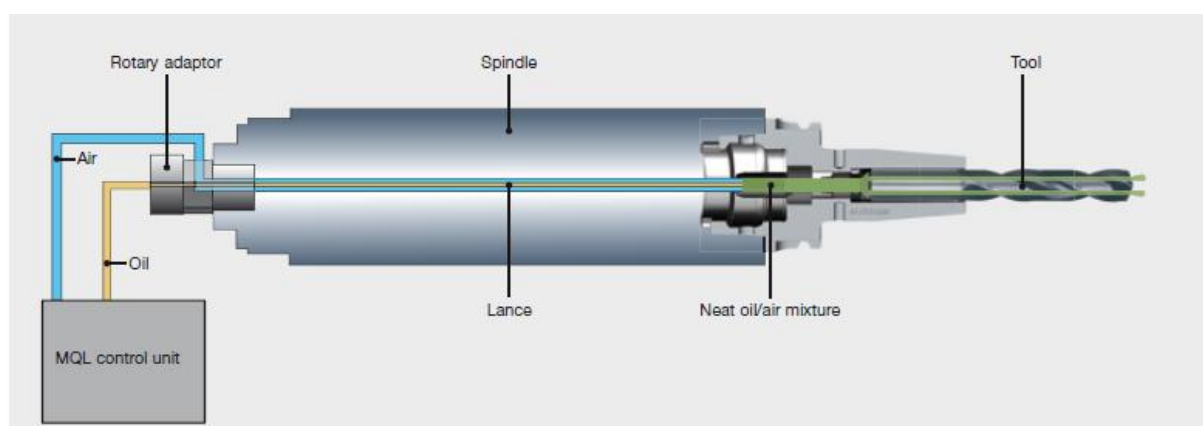




**Obrázek 15 - jedno-kanálový systém MQL**

### 13.8.2 Dvou-kanálový systém MQL

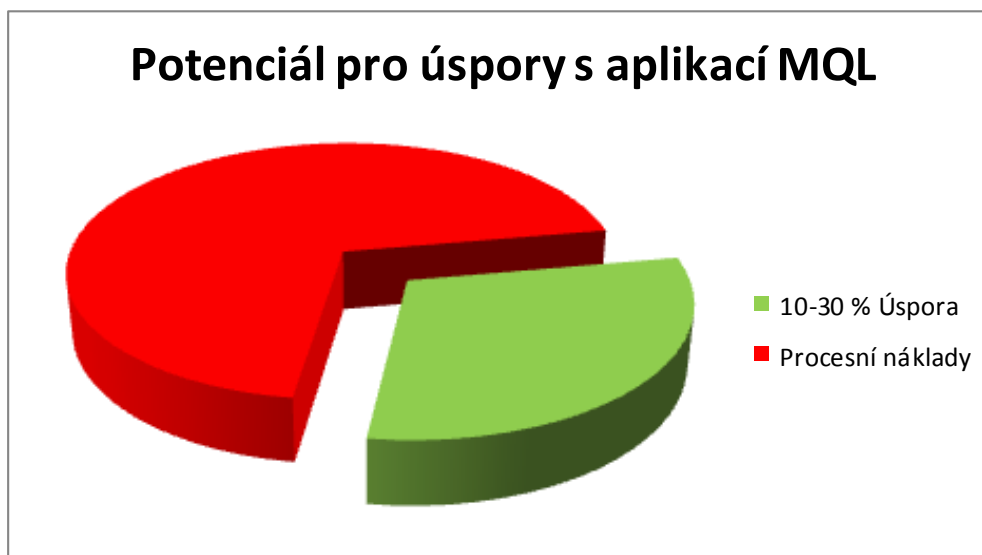
Pomocí dvou-kanálového systému se řezný olej dostane skrz otočný adaptér přes vřeteno co nejkratší cestou do držáku nástroje. V něm je začleněn rychlý ventil, který reguluje množství čistého oleje míseného se vzduchem. Řezný olej je transportován do nástrojového držáku pomocí přívodní trubičky připojené do vřetena. Druhý kanál otočného adaptéru se používá pro přívod vzduchu do nástrojového držáku. Pouze v této chvíli je vzduch mísen s řezným olejem. K dosažení tohoto cíle, má držák nástroje zalisované potrubí, ve kterém se nachází směšovací komora. Řezný olej a vzduch může být smíchán pomocí tohoto systému v jakýchkoli množstvích. Cesta od směšovací komory na místo určení, je jen minimální což má za následek rychlou odezvu, tak umožňuje velmi rychlou změnu objemu řezného oleje. [20]



**Obrázek 16 - dvou-kanálový systém MQL**

## 14 Vyhodnocení technologie MQL

Technologie MQL přinese úsporu **10-30%** v celkových nákladech za provoz stroje a dílny a to díky úspoře procesní kapaliny. Náklady se dále mohou snížit, pokud doprava a recyklace procesní tekutiny bude eliminována na minimum.



Obrázek 17 - Potenciál pro úspory s aplikací MQL

### 14.1.1 Mokré obrábění

Chlazení - mazací požadavek řezné kapaliny  
1000 l za hodinu

### 14.1.2 MQL obrábění

Chlazení - mazací požadavek řezné kapaliny  
0,05 – 1,0 litrů za hodinu [20]

## 14.2 Zkoušky technologie ve výrobě ŠKODA AUTO a.s.

### 14.2.1 Problematika MQL – další dosud nedořešené problémy

- Ve výrobní hale M2 dochází k nerovnoměrnému zanesení potrubí, systém není uzpůsoben pro častou demontáž a čištění

- I přes opakované úpravy dochází ke stékání oleje do absorbentu, jeho hrudkování a tím vadné funkci filtrů [21]

### 14.2.2 Nedořešené riziko požárního nebezpečí

- Ve Škodě Auto již došlo k samovznícení stroje pro výrobu ojnic
- Stroje a odsávání v ŠA dnes nemají instalována žádná dodatečná protipožární opatření
- Je nezbytně nutné zpracovat celokoncernově platné předpisy a technická řešení včetně 100% garancí od výrobců a bezpečnostních revizí. [21]

### 14.2.3 Nerovnoměrná a nestabilní spotřeba oleje

- Pravidelná sledování a opakovaná měření ukazují na min. 30% kolísání spotřeby MQL oleje
- Systém je zatím nestabilní, je nutno vyvinout společnou metodiku a dořešit hlídání spotřeby MQL oleje [21]

Porovnání SPOTŘEB OLEJE STROJŮ GROB Hala M2		
Datum	5.4. - 24.5/13	25.4. - 4.5/13
Stroje Grob dle OP.	Spotřeba MQL na 1 ks	Spotřeba MQL na 1 ks
	ml	ml
448840-083 - 200.1	1,9061	2,01452
448840-084 - 200.2	1,2436	1,68836
448840-085 - 200.3	1,1411	1,45995
448840-086 - 200.4	1,2204	1,53038
448840-104 - 200.5	1,2976	1,54639
448840-087 - 210.1	1,1438	1,20247
448840-088 - 210.2	1,3498	1,51515
448840-089 - 210.3	1,4178	1,39495
448840-090 - 210.4	1,4792	1,39019
448840-106 - 210.5	1,8203	1,54388
448840-107 - 210.6	1,7273	1,36646

Tabulka 11 - Porovnání spotřeb oleje při MQL

### 14.2.4 Nefunkční praní dílů po MQL

- Přes výměnu za demontovatelné filtry a přechod na 100 $\mu$  síta je systém zcela nefunkční, výměna filtrů 1 až 2 krát za směnu.
- Po provedení všech optimalizací ze strany HMP a firmy GROB dochází k neakceptovatelnému znečištění technologie a tím i praček.

- Prací stroje za daných podmínek nejsou schopné držet ani požadovaný, konstantní takt 30 sec.
- Přes opakované dotazy zatím nebylo nabídnuto ze strany Salzgitteru nebylo nabídnuto reálné řešení. [21]

#### **14.2.5 Nevhodná konstrukce stand. BAZ GROB, nesplňují základní požadavky na MQL technologii**

- Stávající BAZ nemají v pracovním prostoru nezbytné šikmé plochy a tepelné kryty.
- Důležité a choulostivé části strojů nejsou vůbec chráněny, riziko generálních oprav a obrovských vícenákladů.
- Opakovaně dochází u MQL strojů například i k selhávání krycích plechů Y osy (již 9x u MQL strojů) [21]



## 15 Závěr

Po zkouškách a zkoumání ve výrobě jsem zjistil, že optimalizaci nákladů na obrábění nelze provést optimalizací nástroje ani stroje, tato technologie je již na hranici svého maxima a další prostor pro úsporu nákladů vidím v technologii MQL.

Technologie MQL je v tuto chvíli (květen 2013) stále ve fázi zkoušek a pro nasazení do výroby je stále nedostatečně připravena, ale testy provedené firmou ŠKODA AUTO a.s. a celým koncernem VW ukazují, že do budoucna má tato technologie jasný potenciál pro úsporu energií.

Po provedených testech je tuto chvíli **úspora na energiích** vypočtena ve výši min. **30%**, ale celková úspora zatím není jednoznačná a to z důvodu nezapočtení nákladů na celkové přepracování výrobních systémů a celé výroby. Zkoušky dané technologie ukázaly také značné výkyvy v úspoře množství maziva. V celé technologii, jak jsem popsal výše, je stále několik otázek a problémů, které je potřeba vyřešit, pro úspěšné zapojení do sériové výroby.

## 16 Seznam citací

- [1] *Škoda Auto* [online]. 2013 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda\\_Auto](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_Auto)
- [2] ŠKODA AUTO. Výroba Motorů ve Škoda Auto: Propagační materiál pro interní účely ŠA. Mladá Boleslav, 2011.
- [3] 110 let výroby motorů v Mladé Boleslavi [online]. 2012 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.mediafax.cz/domaci/2957933-Skoda-Auto-slavi-110-let-vyroby-motoru-v-Mlade-Boleslavi>
- [4] HTP [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/HTP>
- [5] Prezentace výroby VA: Interní dokument. Mladá Boleslav, 2011.
- [6] Tepelné zatížení ventilů [online]. 2010 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://vypocty2010.fs.cvut.cz/P6.pdf>
- [7] Vystružování [online]. 2008 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2008/10/vystruovn.html>
- [8] Obrábění kovů: Vystružování [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD\\_kov%C5%AF](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD_kov%C5%AF)
- [9] DOC. ING. ANTON HUMÁR, CSC. VUT BRNO. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část.
- [10] DOC. ING. ANTON HUMÁR, CSC. VUT BRNO. TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část.
- [11] CASTROL. Alusol M-FXS: bezpečnostní list. Praha 4, 2010.
- [12] Spékané materiály. Scrigroup [online]. 2011 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.scrigroup.com/limba/ceha-slovaca/51/Spkan-materily-Metoda-prkov-me23945.php>
- [13] Spékání. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. 2010 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sp%C3%A9k%C3%A1n%C3%AD>

[14] BLEISTAHL PRODUKTIONS-GMBH&CO.KG. BLV 073 – D1: Interní dokument Škoda Auto. Postfach 4151, 2008.

[15] Tolerance: Toleranční pole děr [online]. 2010 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.cz/doc/tolerances/help/cz/tolerances.htm>

[16] Výpočet tolerancí: základní teorie [online]. 2003 [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://wwwold.tf.czu.cz/scripta/ST2-1.pdf>

[17] ING. EVA VELIČKOVÁ. VŠB – TU OSTRAVA. Rozměrová a tvarová přesnost, přesnost [online]. 2010 [cit. 2013-05-05].

[18] DOC. ING. ROBERT ČEP, PH.D. VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. TECHNOLOGIE II [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: [http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_1dil.pdf](http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf)

[19] DEUTSCHE GESETZLICHE UNFALLVERSICHERUNG (DGUV). Minimum quantity lubrication: for machining operations. Berlin, 2010.

[20] GUHRING OHG. MQL by Gühring. Albstadt, Germany, 2012

[21] ŠKODA AUTO A.S. Problematika MMS: Interní zkouškový dokument. Mladá Boleslav, 2013.

8	7	6	5	4	3	2	1																																								
							ZEICHNUNG GILT NUR FÜR AUFTRAG																																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>□ = Theor. gen.ues Maß</p> <p><b>A</b> Spanmaßgen.uerenz nach DIN ISO 2768-sehr groß Maße ohne Toleranzangabe nach DIN ISO 2768 m K</p> <table border="1" style="width: 100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>Maß</th> <th>0,5 bis 3</th> <th>3 bis 6</th> <th>6 bis 30</th> <th>30 bis 120</th> <th>120 bis 400</th> <th>400 bis 1000</th> <th>1000 bis 2000</th> </tr> <tr> <td>über</td> <td>0,1</td> <td>0,15</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,5</td> <td>0,8</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>unter</td> <td>-0,1</td> <td>-0,15</td> <td>-0,2</td> <td>-0,3</td> <td>-0,5</td> <td>-0,8</td> <td>-1,2</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>UG-CAD - Konstruktion</b></p> <p>Aenderung nur ueber CAD</p> <table border="1" style="width: 100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>Zust.</th> <th>Aenderung ueber</th> <th>Datum</th> <th>Name</th> <th>Ver. Bereich</th> <th>Art.-Nr.</th> <th>Code-Nr.</th> <th>Blatt</th> </tr> <tr> <td>a</td> <td></td> <td>17.12.2012</td> <td>seri</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Diese Zeichnung ist Eigentum der Fa. Guething oHG. Sie darf weder vollständig noch teilweise vervielfaeltigt, verbreitet oder zu Zwecken des Weitervertriebs unterl.ig verwendet oder an andere mitgeteilt werden.</p> </div> </div>								Maß	0,5 bis 3	3 bis 6	6 bis 30	30 bis 120	120 bis 400	400 bis 1000	1000 bis 2000	über	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	unter	-0,1	-0,15	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,2	Zust.	Aenderung ueber	Datum	Name	Ver. Bereich	Art.-Nr.	Code-Nr.	Blatt	a		17.12.2012	seri				
Maß	0,5 bis 3	3 bis 6	6 bis 30	30 bis 120	120 bis 400	400 bis 1000	1000 bis 2000																																								
über	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2																																								
unter	-0,1	-0,15	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,2																																								
Zust.	Aenderung ueber	Datum	Name	Ver. Bereich	Art.-Nr.	Code-Nr.	Blatt																																								
a		17.12.2012	seri																																												
<table border="1" style="width: 100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="width: 30%;">         Subj.-Nr. 302558565          Projekt Fdr pool Subj       </td> <td style="width: 30%;">         Oberflaeche Schmiedel          nano-A       </td> <td style="width: 10%;">         Maassstab 1:1       </td> </tr> <tr> <td>         Kunden-Nr. /          Bech. 14.311          Gepr. seri       </td> <td>         Werkstoff          VHM REBAHLE          Ventilfuhrung       </td> <td></td> </tr> </table>								Subj.-Nr. 302558565 Projekt Fdr pool Subj	Oberflaeche Schmiedel nano-A	Maassstab 1:1	Kunden-Nr. / Bech. 14.311 Gepr. seri	Werkstoff VHM REBAHLE Ventilfuhrung																																			
Subj.-Nr. 302558565 Projekt Fdr pool Subj	Oberflaeche Schmiedel nano-A	Maassstab 1:1																																													
Kunden-Nr. / Bech. 14.311 Gepr. seri	Werkstoff VHM REBAHLE Ventilfuhrung																																														
gue.dma3, 16.02.07We																																															

VOLKSWAGEN AG

<p>Ø 0.1 A</p> <p>Ø 8.8±0.05</p> <p>39±0.25</p> <p>Rz 6,3</p> <p>sinterglatt</p> <p>max. 0,2</p> <p>2±0,3</p> <p>sinterglatt</p> <p>15°</p> <p>15°</p> <p>15°</p> <p>Ø 11,02 s6 (11,059)</p> <p>Ø 0.1 A</p> <p>Ø 8±0,1</p> <p>0,3+0,3</p> <p>30°</p> <p>1,5+0,5</p> <p>2,5</p> <p>0</p> <p>6+0,5</p> <p>0,5</p> <p>Ø 8±0,1</p> <p>R0,4</p> <p>R0,1+0,1</p> <p>15°</p>		<p>Einzelheit X</p> <p>5.1</p> <p>fase ww. zul. u. grotfrei</p>		<p>Unterlagen</p> <p>References</p> <p>VW 011 55</p> <p>VW 105 14</p> <p>VW 105 40</p> <p>VW 911 01</p> <p>VW 911 01</p> <p>VW 011 88</p> <p>VW 137 05</p>	
<p>1:1</p> <p>Rz 25</p> <p>Rz 6,3</p> <p>sinterglatt</p>		<p>Fa./Co. Bleistahl</p> <p>Fertigungsstandort: Welter</p> <p>Fa./Co. Handol Bleistahl</p> <p>Sintermaterial aus</p> <p>Fertigungsstandort: Welter</p> <p>06H 103 415 B</p> <p>06J 103 415</p>		<p>Baumustergenehmigung durch FE erforderlich</p> <p>Technical Engineering Approval Required</p>	
<p>Alle Maße gelten für das fertiggestellte Bauteil einschließlich Oberflächenbeschichtung.</p> <p>All dimensions apply to the finished product including material surface protection.</p>		<p>Form FE 502 10 03</p> <p>1) Bezugsmass</p> <p>1) Ref. dim.</p> <p>2) Kontrollmass</p> <p>2) Control dim.</p> <p>3) Vertriebsmass</p> <p>3) Fixture dim.</p> <p>4) Anhaltmass</p> <p>4) Temporary dim.</p> <p>5) Prüfmass</p> <p>5) Test dim.</p> <p>6) Prüfmass zum Einbau</p> <p>6) Dim. to be injected</p> <p>7) Theoretisches Mass</p> <p>7) Basic dim.</p> <p>8) Material-Identifizierung</p> <p>8) Material identification</p>		<p>Material</p> <p>BLV 013-01</p> <p>3</p> <p>Materialbehandlung/ Material treatment</p> <p>Halbzug/ Semi-finished product</p> <p>Oberflächenbeschichtung: VW 137 50 011-</p> <p>Surface protection</p> <p>Gewicht/ Weight (g)</p> <p>06J 103 415</p> <p>16</p> <p>Sicherh.-Zahl/ Safety Dec.</p> <p>Benennung/ Title</p> <p>VENTILFUEHRUNG</p> <p>AUSLAUSS</p> <p>VALVE GUIDE</p> <p>Maßstab/ Scale</p> <p>2:1</p> <p>(5:1:1)</p> <p>Teil-Nr./ Part-No.</p> <p>06H 103 415</p> <p>06J 103 415 B</p> <p>Formel/ Formula</p> <p>A3</p> <p>Blatt/ Sheet</p> <p>1</p> <p>von/ of</p> <p>1</p>	